

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

10862 U.S. PTO
09/727424
12/01/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年12月 1日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第342261号

出願人

Applicant (s):

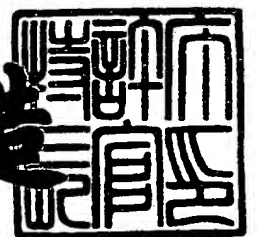
ヤマハ発動機株式会社
三信工業株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2000-3082228

【書類名】 特許願

【整理番号】 11491

【提出日】 平成11年12月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社
 内

 【氏名】 梶 洋隆

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社
 内

 【氏名】 山口 昌志

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県浜松市新橋町 1 4 0 0 番地 三信工業株式会社内

 【氏名】 原田 博

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県浜松市新橋町 1 4 0 0 番地 三信工業株式会社内

 【氏名】 松下 行男

【特許出願人】

 【識別番号】 000010076

 【氏名又は名称】 ヤマハ発動機株式会社

 【代表者】 長谷川 武彦

【特許出願人】

 【識別番号】 000176213

 【氏名又は名称】 三信工業株式会社

 【代表者】 玉田 忠

【代理人】

 【識別番号】 100066452

 【弁理士】

【氏名又は名称】 八木田 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100064388

【弁理士】

【氏名又は名称】 浜野 孝雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008796

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9116906

【包括委任状番号】 9405459

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 組合せ完成品用単位装置の最適化装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

他の装置を組み合わせて組合せ完成品として用いられる単位装置の動作特性を制御する制御装置において、

前記制御装置に、実時間で、組合せ完成品としての機能の特性を評価基準として、前記単位装置の動作特性を最適化する最適化処理部を設けた

ことを特徴とする組合せ完成品用単位装置の最適化装置。

【請求項 2】

前記制御装置が、所定の入力情報に基づいて前記単位装置の操作量を決定する基本制御モジュールを備え、

前記最適化処理部が、組合せ完成品としての制御特性を評価基準として、前記基本制御モジュールの制御パラメータを最適化する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の最適化装置。

【請求項 3】

前記制御装置が、

所定の入力情報に基づいて前記単位装置の操作量を決定する基本制御モジュールと、

所定の入力情報に基づいて、前記操作量の補正量又は補正率を決定する補正用制御モジュールとを備え、

前記最適化処理部が、組合せ完成品としての制御特性を評価基準として、前記補正用制御モジュールの制御パラメータを最適化する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の最適化装置。

【請求項 4】

前記最適化処理部が、

最適化手法に関する演算を行う最適化演算部と、

予め設定された評価基準に基づいて最適化処理に関する評価を行う自律型評価部とを備え、

前記最適化処理部が、前記最適化演算部で得られた制御パラメータを用いて実際に制御を行い、その結果を前記評価部で評価しながら最適化を進める

ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載の最適化装置。

【請求項 5】

前記最適化処理部が、

最適化手法に関する演算を行う最適化演算部と、

最適化処理に関する使用者の意志に基づく評価を入力する評価入力手段とを備え、

前記最適化処理部が、前記最適化演算部で得られた制御パラメータを用いて実際に制御を行い、その結果を前記評価入力手段から入力される評価情報に基づいて評価しながら最適化を進める

ことを特徴とする請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の最適化装置。

【請求項 6】

前記最適化演算部を、ヒューリスティックを用いて最適化に関する演算を行うように構成した

ことを特徴とする請求項 1 ～ 5 の何れか一項に記載の最適化装置。

【請求項 7】

前記ヒューリスティックが、進化型計算法である

ことを特徴とする請求項 6 に記載の最適化装置。

【請求項 8】

前記単位装置が組合せ完成品の動力発生部であり、

前記他の装置が組合せ完成品の本体部である

ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の最適化装置。

【請求項 9】

前記単位装置が船外機であり、

前記他の装置が船艇である

ことを特徴とする請求項 8 に記載の最適化装置。

【請求項 10】

前記単位装置が電動補助動力装置であり、

前記他の装置が自転車又は車椅子である
ことを特徴とする請求項 8 に記載の最適化装置。

【請求項 1 1】

前記単位装置が原動機における電子制御燃料噴射装置であり、
前記他の装置が原動機における電子スロットル装置である
ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の最適化装置。

【請求項 1 2】

前記単位装置が原動機における電子スロットル装置であり、
前記他の装置が原動機における電子制御燃料噴射装置である
ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の最適化装置。

【請求項 1 3】

前記単位装置がロボットの胴体部であり、
前記他の装置がロボットの頭部、腕部、及び／又は脚部である
ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の最適化装置。

【請求項 1 4】

前記単位装置がエアコンの室内機であり、
前記他の装置がエアコンの室外機である
ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の最適化装置。

【請求項 1 5】

前記単位装置がエアコンの室外機であり、
前記他の装置がエアコンの室内機である
ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の最適化装置。

【請求項 1 6】

前記他の装置が、請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の最適化装置を備えている
ことを特徴とする請求項 1 ～ 1 5 の何れか一項に記載の最適化装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、他の装置を組み合わせて組合せ完成品として用いられる単位装置の

動作特性を最適化するための最適化装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来から、複数の装置を組み合わせて完成品として用いられる製品（以下、組合せ完成品と称する。）であって、少なくとも一つの単位装置の動作特性が適当な制御装置により制御されている組合せ完成品は数多く存在している。例えば、船外機と船艇とを組み合わせて使用されるモーターボートや、室外機と室内機とを組み合わせて使用されるエアコン等がこれに該当する。

このような組合せ完成品に用いられる単位装置の制御モジュールの特性（即ち、制御モジュールの入出力関係を決めるパラメータの値）、組合せる装置が決められており、完成品装置の特性や使用環境を事前に特定することができる場合には設計段階で決められるか、或いは、出荷前のセッティングの段階決めることができるように組み合わせる装置に適用する範囲で調整可能に設計されている。

また、組み合わせることができる装置が複数種類あり、組み合わせる装置を事前に特定できない場合や組合せ完成品が変化する環境の下で使用される場合、前記制御モジュールの特性は、組み合わせるべき装置や使用環境を想定し、これらのできる限り、満足できるように最大公約数的に決められる。

（さらにまた、想定される使用環境及び使用者の特性の変動に合わせてファジィ制御器の特性を最適化するように設計されたファジィ推論、ニューラルネットワーク又はヒューリスティックルールを用いて、実時間でファジィ制御器の特性の最適化を行う方法も提案されている。）

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記したように、組合せ完成品に用いられる単位装置の制御モジュールの特性を設計段階で決めてしまうと、その単位装置に組み合わせることができる装置は完全に固定されてしまうので、使用者は、組み合わせるべき装置を選択することが全くできなくなるという問題があり、また、単位装置自体の汎用性も全くなくなってしまうという問題がある。また、単位装置の制御モジュールの特性を調整可能に設計してある場合でも、その調整可能な範囲が特定の装置に合わ

せられていれば、やはり、汎用性は失われ、使用者の選択性も失われる。

また、組み合わせるべき装置や使用環境を想定し、これらをできる限り、満足できるように最大公約数的に制御モジュールの特性を決めている場合には、どうしても、組み合わせるべき個々の装置や個々の使用環境に対する適応性が低下し、最適な制御を実現することはできないという問題がある。

本発明は、上記した従来の問題点を解決し、使用者の選択性及び単位装置の汎用性を失うことなく、組合せ完成品としての最適な特性を得ることができる組合せ完成品用単位装置の最適化装置を提供することを目的としている。

【 0 0 0 4 】

【課題を解決するための手段】

上記した目的を達成するために、本発明に係る組合せ完成品用単位装置の最適化装置は、他の装置を組み合わせる組合せ完成品として用いられる単位装置の動作特性を制御する制御装置において、前記制御装置に、実時間で、組合せ完成品としての機能の特性を評価基準として、前記単位装置の動作特性を最適化する最適化処理部を設けたことを特徴とするものである。

前記制御装置が、所定の入力情報に基づいて前記単位装置の操作量を決定する基本制御モジュールを備える場合には、前記最適化処理部は、組合せ完成品としての制御特性を評価基準として、前記基本制御モジュールの制御パラメータを最適化するように構成され得る。

また、前記制御装置が、所定の入力情報に基づいて前記単位装置の操作量を決定する基本制御モジュールと、所定の入力情報に基づいて、前記操作量の補正量又は補正率を決定する補正用制御モジュールとを備える場合には、前記最適化処理部が、組合せ完成品としての制御特性を評価基準として、前記補正用制御モジュールの制御パラメータを最適化するように構成され得る。

さらに、前記最適化処理部に、最適化手法に関する演算を行う最適化演算部と、予め設定された評価基準に基づいて最適化処理に関する評価を行う自律型評価部とを設け、前記最適化処理部を、前記最適化演算部で得られた制御パラメータを用いて実際に制御を行い、その結果を前記評価部で評価しながら最適化を進めるように構成してもよい。

さらにまた、前記最適化処理部に、最適化手法に関する演算を行う最適化演算部と、最適化処理に関する使用者の意志に基づく評価を入力する評価入力手段とを設け、前記最適化処理部を、前記最適化演算部で得られた制御パラメータを用いて実際に制御を行い、その結果を前記評価入力手段から入力される評価情報に基づいて評価しながら最適化を進めるように構成してもよい。

また、前記最適化演算部は、ヒューリスティックを用いて最適化に関する演算を行うように構成され得、この場合、ヒューリスティックとして進化型計算法を用いてもよい。また、前記進化型計算としては、遺伝的アルゴリズム、進化戦略、又は進化的プログラミングを用いることができる。

また、前記単位装置は組合せ完成品の動力発生部であり得、この場合、前記他の装置は組合せ完成品の本体部であり得る。このような場合、例えば、前記単位装置は、船外機であり得、前記他の装置は船艇であり得る。また、例えば、前記単位装置は電動補助動力装置であり得、前記他の装置は自転車又は車椅子であり得る。

さらにまた、例えば、組合せ完成品が電子制御燃料装置及び電子スロットル装置ととの組合せからなる原動機である場合には、前記単位装置が、電子制御燃料噴射装置で、前記他の装置が電子スロットル装置であり得、また、前記単位装置が、電子スロットル装置で、前記他の装置が電子制御燃料噴射装置であり得る。

また、例えば、前記単位装置はロボットの胴体部であり得、この場合、前記他の装置がロボットの頭部、腕部、及び／又は脚部であり得る。

また、例えば、組合せ完成品がエアコンの場合には、前記単位装置がエアコンの室内機であり、他の装置がエアコンの室外機であってもよく、また、前記単位装置がエアコンの室外機であり、前記他の装置がエアコンの室内機であってもよい。

【0005】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面に示した幾つかの実施例を参照しながら本発明に係る組合せ完成品用単位装置の最適化装置（以下、単に最適化装置と称する。）の実施の形態について説明する。

図 1 は、本発明に係る組合せ完成品用単位装置の最適化装置の一実施例を示す概略ブロック図である。

図面に示すように、この最適化装置は、適当な外界情報を入力情報とし、その入力情報に基づいて、他の装置を組み合わせる組み合わせ完成品として使用される単位装置に対して操作量、補正量、又は補正係数等の操作量に関連する情報を決定し、出力する制御モジュールを備えている。この制御モジュールは、好ましくは、ファジィ推論システムを採用している制御モジュール、例えば、ファジィ制御器、ファジィ意志決定システム又はファジィニューロ制御器であり得るが、これに限定されるものではない。

また、この最適化装置は、最適化処理部を備え、この最適化処理部は、対話型進化処理部及び／又は自律型進化処理部を有し、これらの進化処理部により組合せ完成品としての特性を評価基準として、組合せ完成品の使用中、即ち、実時間で、制御モジュール内のパラメータを最適化する。

最適化されるべきパラメータは、制御モジュールに関するパラメータであれば任意のパラメータでよく、例えば、ファジィ推論システムを採用している場合には、メンバシップ関数の数、形状、位置及び広がりを決めるためのパラメータ、ファジィルール、又は入出力値の規格化係数等が挙げられる。

また、最適化のための評価については、対話型進化処理部に対しては使用者が直接行い、また、自律型評価処理部に対しては予め所定の評価基準に基づいて設計された評価部によって行われる。

このように、組合せ完成品としての特性を評価基準として、実時間で、単位装置を制御する制御モジュールのパラメータを最適化できるように構成することによって、単位装置を、任意の他の装置及び使用環境に合うように最適化してることが可能になり、その結果、単位装置の汎用性及び他の装置の選択の可能性を確保したまま、単位装置の最適化を図ることができるようになる。

【 0 0 0 6 】

次に、本発明に係る最適化方法の適用例を制御対象を特定した実施例を挙げて説明していく。

図 2 ～ 図 1 7 は、本発明に係る最適化方法を滑走艇の船外機及びトリム装置に

適用した実施例を示している。

図 2 は、船外機及びトリム装置と制御装置との関係を示す概略図である。

図中、符号 1 0 は制御装置を示しており、この制御装置 1 0 は、艇体の変化や外乱に応じた定速航送制御及び加速最適化制御を実現する最適な操船特性及び加速特性

を獲得し、また、使用者の好み、即ち、使用者が異なる場合は勿論のこと、同一の使用の好みの時間的变化、例えば、春と秋で操船の好みが変化する場合に応じても最適な操船特性及び加速特性を獲得するように構成されている。なお、本実施例において、「操船特性」とは、電子スロットル弁操作とトリム操作による船速制御特性のことを意味する。

制御装置 1 0 は、エンジン回転数、速度、加速度、ステアリング角度、スロットル開度等の情報を入力し、これらの入力情報に基づいて電子スロットル弁と、油圧シリンダ及び油圧ポンプを備えたトリム装置とを操作することにより、吸入空気量及び船体の姿勢を制御し、定速航走制御及び加速最適化制御を行う。

【 0 0 0 7 】

図 3 及び図 4 は、制御装置 1 0 の内部構成を示す概略ブロック図である。

図面に示すように、この制御装置 1 0 は定速航走制御部及び加速最適化制御部を有する。

定速航走制御部は、図 3 に示すように、所定の入力情報に基づいて電子スロットル弁の開度とトリム角度を決定する操船ファジィ制御モジュールと、前記操船ファジィ制御モジュールの規格化係数を最適化する自律型進化処理部と、自律型進化処理部の評価を行う操船性評価部と、前記操船ファジィ制御モジュールのファジィルールを最適化する対話型進化部とを有する。

また、加速最適化制御部は、図 4 に示すように、所定の入力情報に基づいてトリム角度を決定するトリム制御モジュールと、前記トリム制御モジュールの制御パラメータを最適化する自律型進化処理部と、自律型進化処理部の評価を行う加速性評価部と、前記トリム制御モジュールの制御パラメータを最適化する対話型進化処理部とを有する。

尚、前記「規格化係数」とは、入出力情報の大きさを調整する係数を意味する

【0008】

1. 定速航走制御部における制御：

操船ファジィ制御モジュールは、ファジィ推論システムとして、例えば、簡略推論法を採用しており、エンジン回転数、速度、加速度、ステアリング角度に対する電子スロットル弁開度変化量とトリム角度変化量とを出力する。前記ファジィルールテーブルは、熟練者の操船知識を基に設計され得、簡略推論法におけるファジィルールは実数値で表される。

定速航走制御部における自律型進化処理部は、例えば、遺伝的アルゴリズムを採用しており、図5に示すように前記操船ファジィ制御モジュールの規格化係数をコード化して個体を生成し、遺伝的アルゴリズムを用いて、これらの規格化係数の最適化を行う。自律型進化処理中の各個体の評価は、目標となる操船特性、例えば、使用者が定めた速度に対する実速度の偏差が目標値以下に近づくほど評価値が高くなるように設定された評価部が行うように構成されており、その結果、操船ファジィ制御モジュールの規格化係数は目標となる操船特性に向けて自動的に最適化され、使用環境や艇体が変化した場合においても、最適な操船特性が得られるようになる。

このように、進化処理における評価を、予め設計された評価部により行い、最適化を自動的に行えるようにする方法を本明細書では自律型評価を称する。

また、操船制御部における対話型進化処理部は、例えば、遺伝的アルゴリズムを採用しており、図6に示すように前記操船ファジィ制御モジュールのファジィルールテーブルの一部をコード化して個体を生成し、遺伝的アルゴリズムを用いて、これらのファジィルールテーブルの一部の最適化を行う。対話型最適化処理中の各個体の評価は、使用者が実際に体感する乗り心地に基づいて行うように構成されており、その結果、操船ファジィ制御モジュールのファジィルールテーブルの一部は使用者の評価に従って最適化され、使用者の評価に合った最適な操船特性が得られるようになる。

このように、進化処理における評価を使用者が行う方法を本明細書では対話型評価と称する。

次に、上記した定速航走制御部における進化処理について説明していく。

図 7 は、定速航走制御部の進化処理の流れを示すフローチャートである。

上述のように、この制御装置では、進化処理を行う際に、定速航走制御部の自律型進化処理部については自律型評価を行い、対話型進化処理部については対話型評価を用いている。

評価方法が異なると最適化処理の流れが異なるので、以下の説明では自律型評価方法を採用した進化処理と対話型評価方法を採用した進化処理とを分けて説明する。

a. 自律型進化処理部における進化処理

図 7 に示すように、始めに規格化係数の初期値を予め決めた範囲内でランダムに決定し、複数の初期個体からなる第 1 世代を生成する（ステップ 1-1）。そして、第 1 世代の全ての個体に対する定速航走制御評価を行う（ステップ 1-2）。ここで、定速航走制御評価について簡単に説明すると、時分割により複数の個体を擬似的に並行に動作させ、その期間の合計での評価値を比較する。具体的には、エンジン回転数の使用域に応じて評価を変更し、例えば、エンジンの低回転域を用いるトローリングの場合には、図 8 に示すように、10 個の個体について、1 分ずつ制御を行い、目標速度に対する実速度の差の絶対値をサンプリングタイム毎に合計し、これを 1 サイクルとして 20 サイクル繰り返し、評価期間内の総合計を評価値として算出する。こうすることで、気象や海象（具体的には、例えば、風や波）等の外乱による影響を、各個体でトータルとして揃えられるため、各個体の特性を公平に評価することができる。また、エンジンの高回転域を用いるクルージングの場合、前記した評価方法に加えて、高速時に発生する不安定な挙動、即ち、艇体が上下に揺れるピッチングや、左右に振られるダッチロールを抑制するために、ピッチング、又はダッチロールを検出した場合には、個体の評価値として 0 を与え、トリム角をピッチング、又はダッチロールが発生しない角度まで減少させることで艇体を安定させ、以降その角度を最大トリム角として各個体の評価を行う。こうすることで、高速時に不安定な挙動が発生することを防止することができる。

上記した評価値計算処理（ステップ 1 - 2）で得られた各個体の評価値に基づいて、それが最適な操船特性か否かを評価し（ステップ 1 - 3）、評価の結果、最適な操船特性が獲得できたか否かを判断する（ステップ 1 - 4）。そして、最適な操船特性が得られていた場合には進化処理を終了し、得られていない場合には、進化型計算モジュールに入り、次世代の個体群を生成する（ステップ 1 - 5）。

b. 対話型進化処理部における進化処理

図 7 に示すように、対話型進化処理部には通常制御モードと進化モードとがある。

通常制御モードと進化モードの切り換え（ステップ 2 - 1）は、予め決められた条件、例えば、時間に基づいて行ってもよく、また、図 9 に示すようなインターフェイスを介して使用者の意志に基づいて行ってもよい。

通常制御モードでは、その時点で確定しているファジィルールテーブルを用いてファジィ制御を行い、同時に進化モードに切り替わるまでの各ファジィルールの適合度の累計を求める（ステップ 2 - 2）。具体的には、図 10 に示すように、ある時刻における各ファジィルールの適合度を演算する適合度テーブルの演算結果を、進化モードに切り替わるまでの適合度の累計を演算する累計テーブルに加算し（ステップ 2 - 3）、これを進化モードに切り替わった時点で終了する。

進化モードに切り替わると、図 7 に示すように、累計テーブルを参照して、対応する任意の数のファジィルールを、累計の大きいものから順に染色体にコード化し（ステップ 2 - 4）、これを初期値として正規分布に従った摂動を加え、複数の初期個体から成る第 1 世代を生成する（ステップ 2 - 5）。そして、第 1 世代のいずれかの個体のパラメータを用いて試乗を行い（ステップ 2 - 6）、その個体に対する評価値が使用者が入力する（ステップ 2 - 7）。前記評価値に基づいて、好みの操船特性が得られたか否かを判断し（ステップ 2 - 8）、得られたと判断した場合には、その個体を最優良個体として進化処理を終了し、得られていない場合には、1 世代の全ての個体に対して試乗及び評価が終了しかた否かを判断する（ステップ 2 - 9）。全ての個体及び評価が終了していない場合には、

ファジィ制御モジュールのファジィルールを別の個体のものに変更し（ステップ 2-10）、再び試乗を行わせる（ステップ 2-6）。また、全ての個体に対する試乗及び評価が終了した場合には、規定世代数に達したか否かを判断し（ステップ 2-11）、達したと判断した場合には、その世代で最も評価値の高い個体を最優良個体として進化処理を終了し、達していないと判断した場合には進化型計算モジュールに入り（ステップ 2-12）、次世代の個体群を生成し、再び、それらの個体のファジィルールを用いた試乗及び評価を行う。

以上の処理は、好みの操船特性が得られるか、規定世代数に達するまで繰り返し行われ、その結果、操船ファジィ制御モジュールのファジィルールテーブルの一部は得られた個体のファジィルールに置き換えられ、累計テーブルは 0 に初期化される（ステップ 2-13）。

その後、再び、通常制御モードに切り替わると、置き換えられたファジィルールテーブルを用いてファジィ制御を行い、進化モードに切り替わるまで、この時の各ファジィルールの適合度の累計を求める。

上記した処理を繰り返すことによって、適合度の累計の高い、即ち、現在の環境においてよく使用される領域のファジィルールについて、集中して最適化を行うことが可能となり、また、あまり使用されていない領域のファジィルールを変更することがないため、環境が急変し、あまり使用されていない領域のファジィルールが使用された場合でも、安定した制御を行うことが可能になる。

【0009】

2. 加速最適化制御部における制御

トリム制御モジュールは、速度に対するトリム変化量を出力する。

図 11 は、船舶の速度－抵抗曲線とトリム位置との関係を示すグラフである。

図 11 に示すように、船舶の速度－抵抗曲線はトリム位置によって大きく異なる。艇体と水面との間に発生する抵抗は、大きく造波抵抗と摩擦抵抗とに分けることができる。造波抵抗とは、船舶の推進時に自らが発生する波による抵抗であり、摩擦抵抗とは艇体と水面との摩擦によって発生する抵抗である。

低速域では、増速するに従って造波抵抗が増加し、ある速度において極限となる。この状態はハンプと呼ばれ、ハンプは、トリム角が最も小さな状態であるフ

フルトリムイン」の時に最も小さく、トリム角が最も大きな状態であるフルトリムアウトに近づくにつれて次第に大きくなる。

ハンプを超えると、造波抵抗は次第に小さくなり、やがてプレーニング状態となる。プレーニング時における摩擦抵抗は、フルトリムインの時に最も大きく、フルトリムアウト付近で最も小さくなる。

通常、手動で停船時から最高速度まで加速を行う場合、フルトリムインの状態からスロットルを全開にし、ハンプを超えた時点から、次第に、トリムをピッチング及びダッチロールの発生しないトリム角まで、アウト側に操作する。こうすることで、造波抵抗と摩擦抵抗とを押さえることが可能になり、結果として、停船時あら最高速度に達するまでの時間が短縮される。しかしながら、トリムを操作するタイミング、操作する速度並びに最終的なトリム角は、艇体の種類が外乱によって大きく異なり、また、高度な操作技術を要求する。

加速最適化制御部における自律型進化処理部は、例えば、遺伝的アルゴリズムを採用しており、図 1 2 に示すようにトリム制御モジュールの制御パラメータ（トリムアウト開始速度 T_1 、トリム作動速度 T_2 、最終トリム角度 T_3 ）をコード化して個体を生成し、遺伝的アルゴリズムを用いて、これらの制御パラメータの最適化を行う。自律型進化処理中の各個体の評価は、目標となる加速特性、例えば、停船時から定められた速度に達するまでの時間が短いほど、評価値が高くなるように設定された評価部が行うように構成されており、その結果、トリム制御モジュールの制御パラメータは目標となる加速特性に向けて自動的に最適化され、使用環境や艇体が変化した場合においても、最適な加速特性が得られるようになる。

また、加速最適化制御部における対話型進化処理部は、例えば、遺伝的アルゴリズムを採用しており、トリム制御モジュールの制御パラメータをコード化して個体を生成し、遺伝的アルゴリズムを用いて、これらの制御パラメータの最適化を行う。対話型最適化処理中の各個体の評価は、使用者が、実際に体感する乗り心地に基づいて行うように構成されており、その結果、トリム制御モジュールの制御パラメータは使用者の評価に従って最適化され、使用者の評価に合った最適な加速特性が得られるようになる。

自律型進化処理部と対話型進化処理部の切り替えは予め定められた条件、例えば、時間に基づいて行っても良く、また、図 7 に示すようなインターフェイスを介して、使用者の意思に基づいて行ってもよい。具体的には、まず自律型進化処理部で進化処理を行い、そこで得られた最適な加速特性を基に、対話型進化処理部で進化処理を行い、使用者の好みに合うように微調整を行うように構成しても良く、また、自律型進化処理中に、使用者の気に入らないような個体が発生した場合は、使用者がその場で評価値 0 を与え、次個体に切り替えるように構成してもよい。

次に、上記した加速最適化制御部における進化処理について説明していく。

図 1 3 は、加速最適化制御部の進化処理の流れを示すフローチャートである。

a. 自律型進化処理部における進化処理

図 1 3 に示すように、始めに制御パラメータの初期値を予め決められた範囲でランダムに決定し、複数の初期個体からある第 1 世代を生成する（ステップ 1 - 1）。そして、第 1 世代の全ての個体に対する加速最適化制御評価を行う（ステップ 1 - 2）。ここで、加速最適化制御評価について簡単に説明すると、1 個体につき 1 回、停船状態から定められた速度までスロットル全開で加速し、定められた速度に達するまでの時間を評価値として算出する。

上記した評価値計算処理（ステップ 1 - 2）で得られた各個体の評価値に基づいて、それが最適な加速特性か否かを評価し（ステップ 1 - 3）、評価の結果、最適な加速特性が獲得できたか否かを判断する（ステップ 1 - 4）。そして、最適な操船特性が得られていた場合には進化処理を終了し、得られていない場合には、進化型計算モジュールに入り、次世代の個体群を生成する（ステップ 1 - 5）。

b. 対話型進化処理部における進化処理

図 1 3 に示すように、始めに制御パラメータの初期値を予め決められた範囲でランダムに決定し、複数の初期個体からなる第 1 世代を生成する（ステップ 1 - 2）。そして、第 1 世代の何れかの個体のパラメータを用いて試乗を行い（ステ

ップ 2-2)、その個体に対する評価値を使用者が入力する(ステップ 2-3)。前記評価値に基づいて、好みの加速特性が得られたか否かを判断し(ステップ 2-4)、得られたと判断した場合には進化処理を終了し、得られていない場合には、1 世代の全ての個体に対して試乗及び評価が終了したか否かを判断する(ステップ 2-5)。全ての個体に対する試乗及び評価が終了していない場合には、トリム制御モジュールのパラメータを別の個体のものに変更し(ステップ 2-6)、再び試乗を行わせる(ステップ 2-2)。また、全ての個体に対する試乗及び評価が終了した場合には、進化型計算モジュールに入り(ステップ 2-7)、次世代の個体群を生成し、再び、それあの個体のパラメータを用いた試乗及び評価を行う。

これらの処理は好みの加速特性が得られるまで繰り返し行われ、その結果、トリム制御モジュールのパラメータは最適化される。

ここで、対話型を採用した加速特性の評価について説明すると、1 個体につき 1 回、停船状態から定められた速度までスロットル全開で加速し、使用者が体感した加速感及び乗り心地に基づいて評価値を入力する。

【0 0 1 0】

ここで、進化型計算モジュールの幾つかの例について説明する。

a. 遺伝的アルゴリズム (GA)

図 1 4 は、進化型計算法として遺伝的アルゴリズムを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

このモジュールでは、1 世代の個体全ての評価の終了後、好みの特性が得られなかった場合に、次世代の個体群を生成する。

スケーリング(ステップ 1)については、個体群内の最大適応度と平均適応度との比率が一定となるように適応度の線形変換を行う。

選択(ステップ 2)については、使用者の評価値(適応度)に比例して確率的に選択するルーレット選択方式が採用され得る。また、ランダムに選んだ n 個の個体の中で最良の評価値を持つものを選択するトーナメント選択方式を用いることもできる。

交叉(ステップ 3)には、1 点交叉、2 点交叉、又は正規分布交叉等の手法が

ある。尚、交叉のために選択された親が同一の個体であることもおこり得るが、これを放置すると個体群としての多様性が失われることになるので、交叉に選択された親が同一の個体の場合には、他の選択された個体と入れ換えて、可能な限り、同じ個体の交叉を避ける。

突然変異（ステップ4）については、個体の各遺伝子座について一定の確率で、ランダムに値を変更する。そのほかにも正規分布に従う摂動を加える方法も考えられる。異なる個体を交叉の親として選択したにもかかわらず、それらが遺伝的にみて全く同一である場合には、交叉する親の両方について、通常より高い確率で突然変異を生じさせる。

また、上記の他に、一度に一世代の全ての個体を置き換える「再生」と呼ばれる世代交代の手法を用いてもよい。

さらに、厳密に世代交代を適用した場合、評価の高い個体を破壊してしまう恐れがあるため、エリート（高い評価を獲得した任意の数の個体）を無条件に次世代に残すエリート保存戦略を合わせて用いてもよい。

b. 進化戦略（E S）

図 1 5 は、進化型計算法として進化戦略を用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

このモジュールでは、1 世代の個体全ての評価の終了後、好みの特性が得られなかった場合に、次世代の個体群を生成する。

選択（ステップ1）については、進化戦略の種類により選択の仕方が異なるので、ここでは、代表的な2種類の手法について説明する。

(μ, λ) - E S と呼ばれる進化戦略の場合、 μ 個の親個体から生成された λ 個の子個体の中から、適応度の良いものから順に μ 個を確定的に選択する。

$(\mu + \lambda)$ - E S と呼ばれる進化戦略の場合、 μ 個の親個体と λ 個の子個体とを合わせた個体群の中から、適応度の良いものから順に μ 個を確定的に選択する。

進化戦略には、上記の他に下記のような手法があり、これらを用いる場合には、これらの手法に合わせた選択の仕方を行う。

- ・ (1, 1) - ES : ランダムウォーク (RW)
- ・ (1 + 1) - ES : ヒルクライミング (HC)
- ・ (1, λ) - ES, (1 + λ) - ES : 近傍探索法
- ・ (μ + 1) - ES : 連続世代型多点探索法

交叉 (ステップ 2) については、正規分布交叉を用いるが、パラメータごとに親の値を継承したり、中点、内分点又は外分点を子の値としてもよい。

突然変異 (ステップ 3) については、各パラメータに対して正規分布に従う摂動を加える。このとき、正規分布の分散はパラメータごとに調整を行っても良いし、パラメータ間の相関を持たせてもよい。

以上説明したように進化戦略 (ES) は、各パラメータを実数値のまま使用するため、遺伝的アルゴリズムのような表現型から遺伝子型への変換が不要になるという利点がある。また、正規分布交叉などの実数の連続性を考慮した交叉方法を用いることで、遺伝的アルゴリズムにおいてよく用いられるバイナリコードやグレイコードを 1 点交叉や多点交叉させるものよりも、親の形質を強く子の形質に反映させることができる。

c. 進化的プログラミング (EP)

図 1 6 は、進化型計算手法として進化的プログラミングを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

スケーリング (ステップ 1) については、個体数が μ 個の場合、摂動を加える前の個体と摂動を加えた後の個体を合わせた 2μ 個の個体について、それぞれランダムに選んだ q 個の個体と比較し、勝っている数をその個体の適合度とする。

選択 (ステップ 2) は、生成された個体群の中から適応度のよいものから順に μ 個を選択する。選択は確定的であるが、スケーリングが確率的であるので、実質的には選択は確率的となる。

以上説明した進化的プログラミング (EP) は、各パラメータを実数値のまま使用するため、遺伝的アルゴリズムのような表現型から遺伝子型への変化が不要になるという利点がある。また、交叉を用いないので、表現型に制約がない。遺伝的アルゴリズムは進化戦略のようにパラメータをストリング状にする必要があ

なく、木構造等でもよい。

【0011】

本実施例で説明した滑走艇は、天候や季節の変化により使用環境が著しく変動し、また、使用者の好みも著しく変動するものなので、全ての使用者があらゆる使用環境下において満足できる船速制御特性を設計の段階や出荷前のセッティングの段階で獲得することは実質的に不可能な制御対象であり、また、通常、船外機と船体とが別個に製造されるため、最適な船速制御を行うためには、使用環境及び使用者の特性に加えて、船体に合わせたスロットル制御及びトリム角制御が必要となり、制御装置にファジィ制御器を用いている場合、全ての条件に合わせてファジィ制御器の特性の最適化を行うのは非常に困難だが、以上説明したように、電子スロットル弁操作及びトリム操作を制御する制御装置 10 の操船ファジィ制御モジュールのパラメータを、進化型計算を用いて実時間で最適化できるように構成することによって、これらの全ての条件に合った船速制御を行うことが可能になるという顕著な効果を奏する。

【0012】

以上説明した実施例では、エンジン回転数、速度、加速度、ステアリング角度等の情報を入力し、これらの入力情報に基づいて電子スロットル弁及びトリム装置を操作することにより、吸入空気量及び艇体の姿勢を制御することで定速航走制御を行い、定速航走制御部は、所定の入力情報に基づいて電子スロットル弁の開度とトリム角度を操船ファジィ制御モジュールによって決定し、前記操船ファジィ制御モジュールの規格化係数を自律型評価を用いて最適化を行い、前記操船ファジィ制御モジュールのファジィルールを対話型評価を用いて最適化し、また、速度を入力し、入力情報に基づいてトリム装置を操作することにより、姿勢を制御することで加速制御を行い、加速最適化制御部は、所定の入力情報に基づいてトリム角度をトリム制御モジュールによって決定し、前記トリム制御モジュールの制御パラメータを自律型評価及び対話型評価を用いて最適化した航走制御装置について説明しているが、本発明に航走制御装置は、上記した実施例に限定されることなく、例えば、評価を燃費消費率及び／又は消費電力に基づいて行ってもよく、使用者の乗り心地に基づいて行ってもよく、また、加速最適化制御部が

電子スロットル制御モジュールを備えるように構成してもよい。

また、上記した実施例では、滑走艇の船外機及びトリム装置について最適化を行うように構成されているが、これは本実施例に限定されることなく、例えば、図 1 7 に示すように、エンジン及びウォータノズルトリム装置と、艇体とを組み合わせる組合せ完成品として使用されるパーソナルウォータクラフトにおけるエンジン及びウォータノズルトリム装置を単位装置として、本発明を適用した場合には、エンジンにおける電子スロットル弁装置及びウォータノズルトリム装置を制御する制御装置をパーソナルウォータクラフトとしての特性を評価基準として最適化して、吸入空気量及び艇体の姿勢の制御の最適化を行うことが可能になり、また、図 1 8 に示すように、艇体と、ガソリンエンジンを搭載した船外機及びトリム装置とを組み合わせる組合せ完成品として使用される滑走艇における船外機及びトリム装置を単位装置として、本発明を適用した場合には、エンジンにおける電子スロットル弁装置とトリム装置とを制御する制御装置を滑走艇の特性を評価基準として最適化して吸入空気量及び艇体の姿勢の制御の最適化を行うことが可能になり、さらに、図 1 9 に示すように、艇体と、ディーゼルエンジンを搭載した船外機及びフラップ可動装置とを組み合わせる組合せ完成品として用いられる滑走艇における船外機及びフラップ可動装置を単位装置として本発明を提供する場合には、エンジンにおける燃料噴射装置とフラップ可動装置とを制御する制御装置を滑走艇の特性を評価基準として最適化して燃料噴射量及び艇体の姿勢の制御の最適化を行うことが可能になる。

【 0 0 1 3 】

さらにまた、本発明に係る最適化装置が適用され得る制御対象は、上記した実施例に限定されることなく他の装置を組み合わせる組合せ完成品として用いられる単位装置の動作特性を制御する制御装置であれば任意の制御装置でよいことは勿論であり、例えば、図 2 0 ～図 2 2 に示す制御対象等が挙げられる。

図 2 0 は、ロボットの動作を制御する制御装置に本発明に係る最適化方法を適用する場合の実施例であり、この実施例では、制御装置は、ロボット本体に取り付けられた赤外線センサ、カメラ等の画像入力装置、マイク等の音声入力装置、及び加速度センサからの検出結果に基づく情報を入力情報とし、これらの入力情

報に基づいて、ロボットの動作を出力するファジィ制御モジュールを備えており、このファジィ制御モジュールが実時間で最適化されるように構成されている。

最適化されるべきパラメータは、任意に選択され得、最適化のための評価は、適当な入力装置により使用者が直接行うことができるように構成されている。使用者が評価を入力するための入力装置は、別途設けてもよいが、例えば、前記画像入力装置や音声入力装置等により使用者の状態を検出し、その検出結果に基づいて使用者の評価を認識するように構成してもよく、このように、構成することで、ロボットが使用者の意志を理解しているかのようにロボットの動作を最適化することができるようになるという効果も奏する。

このように、ロボットの動作を制御する制御装置に本発明に係る最適化方法を適用した場合には、ロボット本体の変更（例えば、ヒト型ロボットからイヌ型ロボットへの変更）や、使用環境の変化、さらには、使用者の好みに応じて、ロボットに最適な動作を実行させることが可能になる。

また、図 2 1 に示すように、胴体部に、頭部、腕部及び／又は脚部が変更可能に取り付けられ、これらのパーツの動作が胴体部に設けられた制御装置によって制御されるように構成されているロボットの前記制御装置に、本発明に係る最適化方法を適用した場合には、頭部、腕部及び／又は脚部が変更された場合でも、取り付けられたパーツに応じた最適な動作を行えるように、制御装置を最適化していくことが可能になるので、ロボットのパーツに対する制限が少なくなり、手軽にパーツ変更を行うことができるようになるという効果を奏し、これにより、パーツ変更するだけで一台のロボットが、様々な作業やエンターテインメント動作を行うことが可能になるという効果を奏し、ロボットの利用可能性が広がる。

図 2 2 は、電動補助動力装置を備えた自転車の制御装置に本発明に係る最適化方法を適用する場合の実施例である。この制御装置は、使用者によるペダルの踏力、速度及び加速度を入力情報とし、これらの入力情報に基づいて、電動補助動力装置へのアシスト力を決定し出力するファジィ制御モジュールを備えており、このファジィ制御モジュールが実時間で最適化されるように構成されている。

このように、電動補助動力装置を備えた自転車の制御装置に本発明を適用することで、電動補助装置を取り付ける自転車の種類を変更しても、実時間で電動補

助装置のアシスト力を、取り付けた自転車に合わせて最適化することが可能になるので、電動補助装置の取付対象となる自転車の種類に制限を低くすることが可能になり、また、電動補助装置と自転車本体とを別個に製造した場合でも、電動補助装置を簡単に個々の自転車に適用させることができるようになる。また、このように構成することで、使用環境、使用者の年齢や体格、又は使用者のアシスト力やバッテリー持続時間に対する好みに応じて、実時間で最適なアシスト力を出力することが可能になるように制御装置を最適化することができるという効果を奏する。また、これは、電動補助動力装置を備えているものであれば、どのような対象物でも同様の効果が得られ、例えば、車椅子等でも同様の効果が得られる。

【0014】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係る他の装置を組み合わせて組合せ完成品として用いられる単位装置の動作特性を制御する制御装置において、前記制御装置に、実時間で、組合せ完成品としての機能の特性を評価基準として、前記単位装置の動作特性を最適化する最適化処理部を設けているので、使用者の選択性及び単位装置の汎用性を失うことなく、組合せ完成品としての最適な特性を得ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る組合せ完成品用単位装置の最適化装置の一実施例を示す概略ブロック図である。

【図2】 船外機及びトリム装置と制御装置との関係を示す概略図である。

【図3】 制御装置10の内部構成を示す概略ブロック図である。

【図4】 制御装置10の内部構成を示す概略ブロック図である。

【図5】 操船ファジィ制御モジュールの規格化係数と、それをコード化して生成された個体との関係を概念的に示す図である。

【図6】 操船ファジィ制御モジュールのファジィルールテーブルと、その一部をコード化して生成された個体との関係を概念的に示す図である。

【図7】 定速航走制御部の進化処理の流れを示すフローチャートである。

【図 8】 複数の個体を時分割で評価する時の時分割の仕方の一例を示すグラフである。

【図 9】 通常制御モードと進化モードの切り換えを行うインターフェースの一例を示す図である。

【図 10】 ファジィルールの適合度の累計を求め方の一例を示す図である。

【図 11】 船舶の速度－抵抗曲線とトリム位置との関係を示すグラフである。

【図 12】 加速最適化制御部における自律型進化処理部で用いられる個体の一例を示す図である。

【図 13】 加速最適化制御部の進化処理の流れを示すフローチャートである。

【図 14】 進化型計算法として遺伝的アルゴリズムを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

【図 15】 進化型計算法として進化戦略を用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

【図 16】 進化型計算手法として進化的プログラミングを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

【図 17】 本発明の別の適用例を示す概略図である

【図 18】 本発明のさらに別の適用例を示す概略図である。

【図 19】 本発明のさらに別の適用例を示す概略図である。

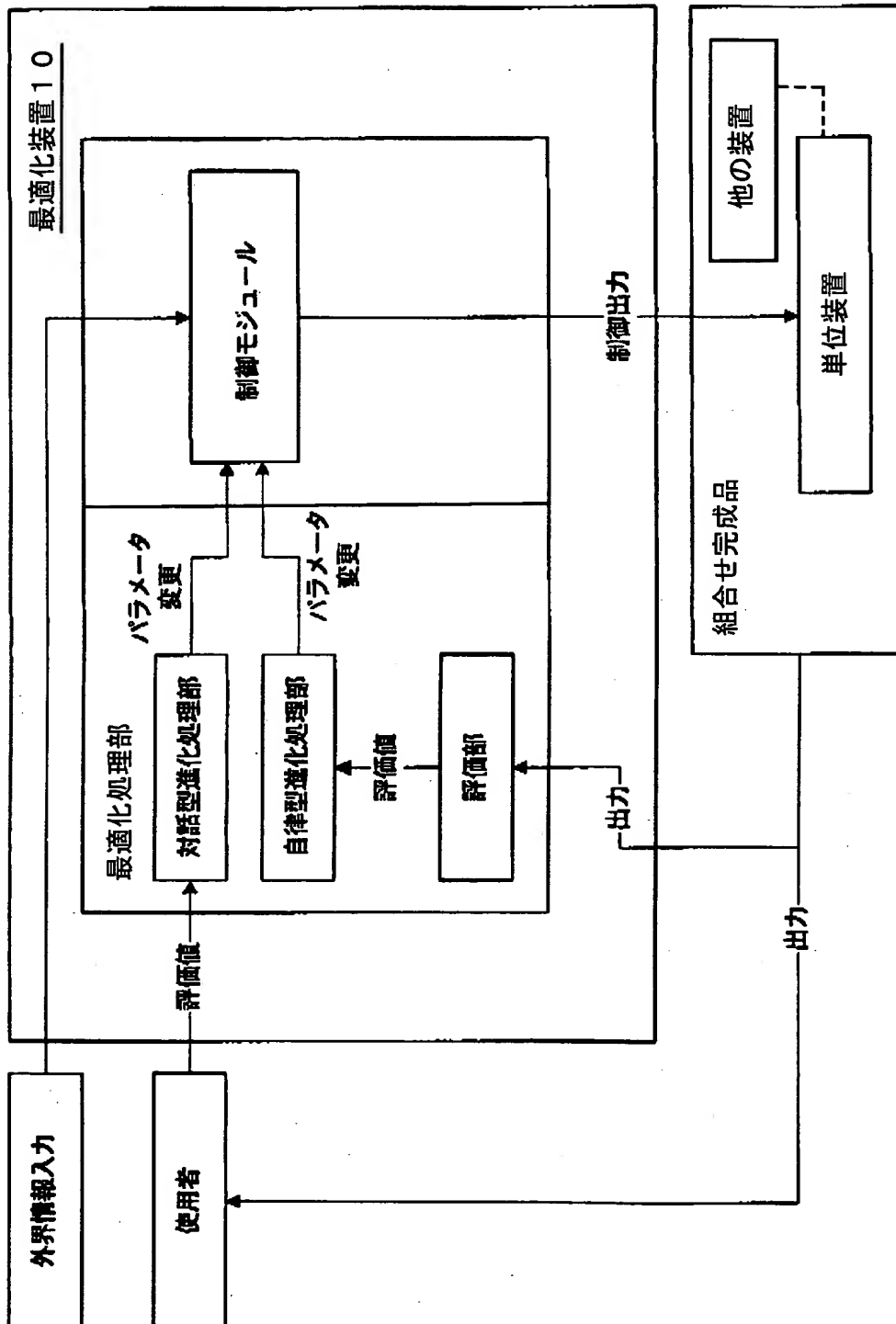
【図 20】 本発明のさらに適用例を示す概略図である。

【図 21】 本発明のさらに別の適用例を示す概略図である。

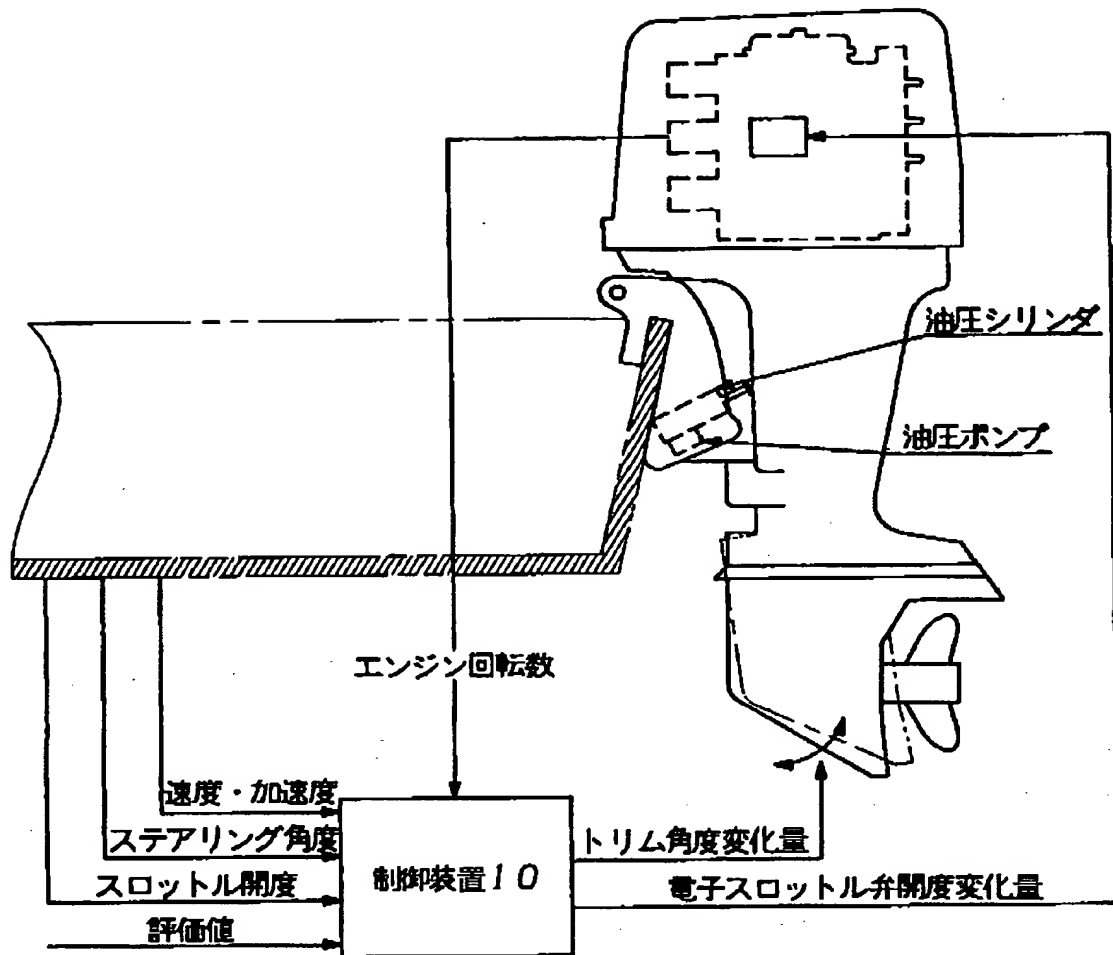
【図 22】 本発明のさらに別の適用例を示す概略図である。

【書類名】 図面

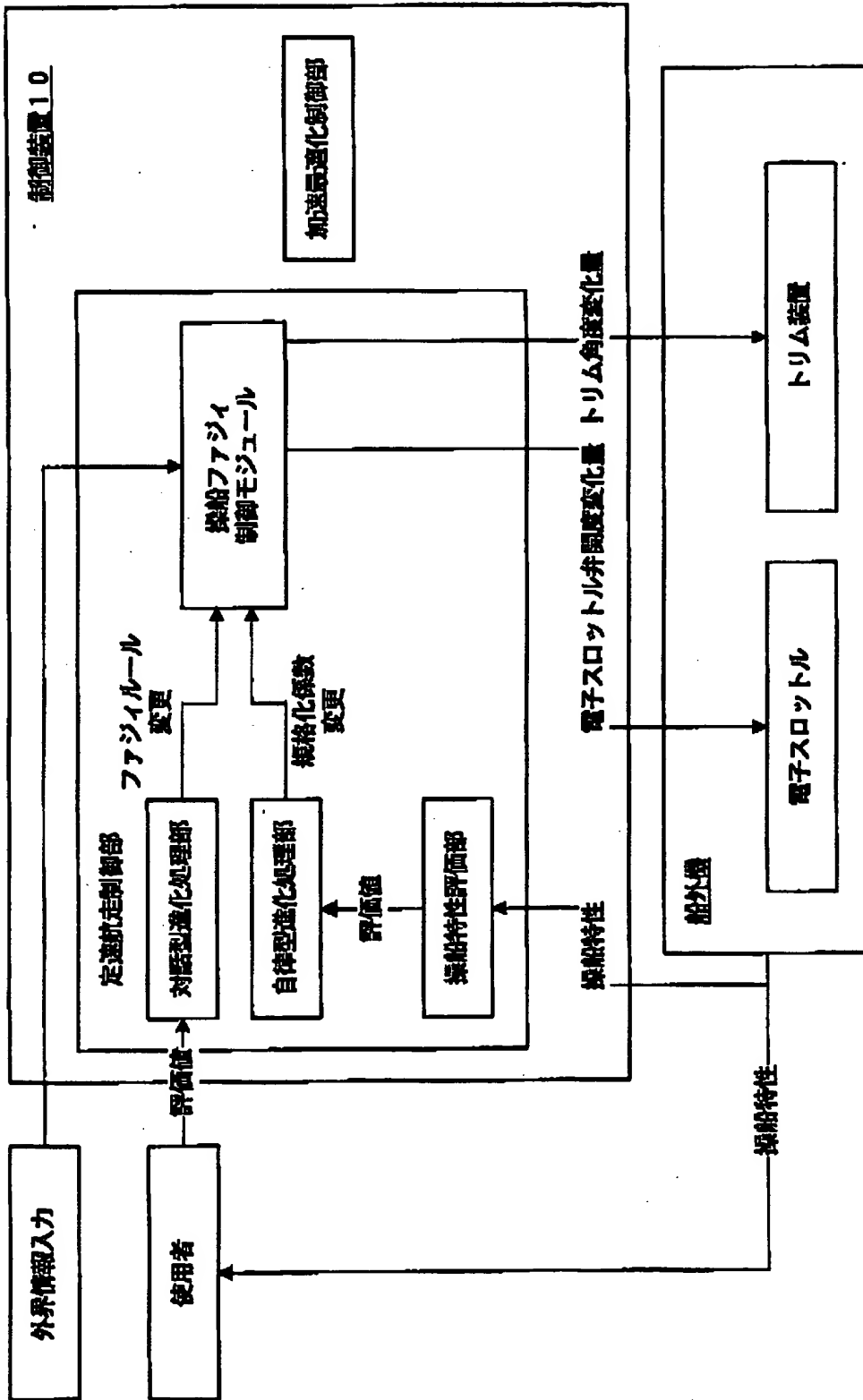
【図 1】



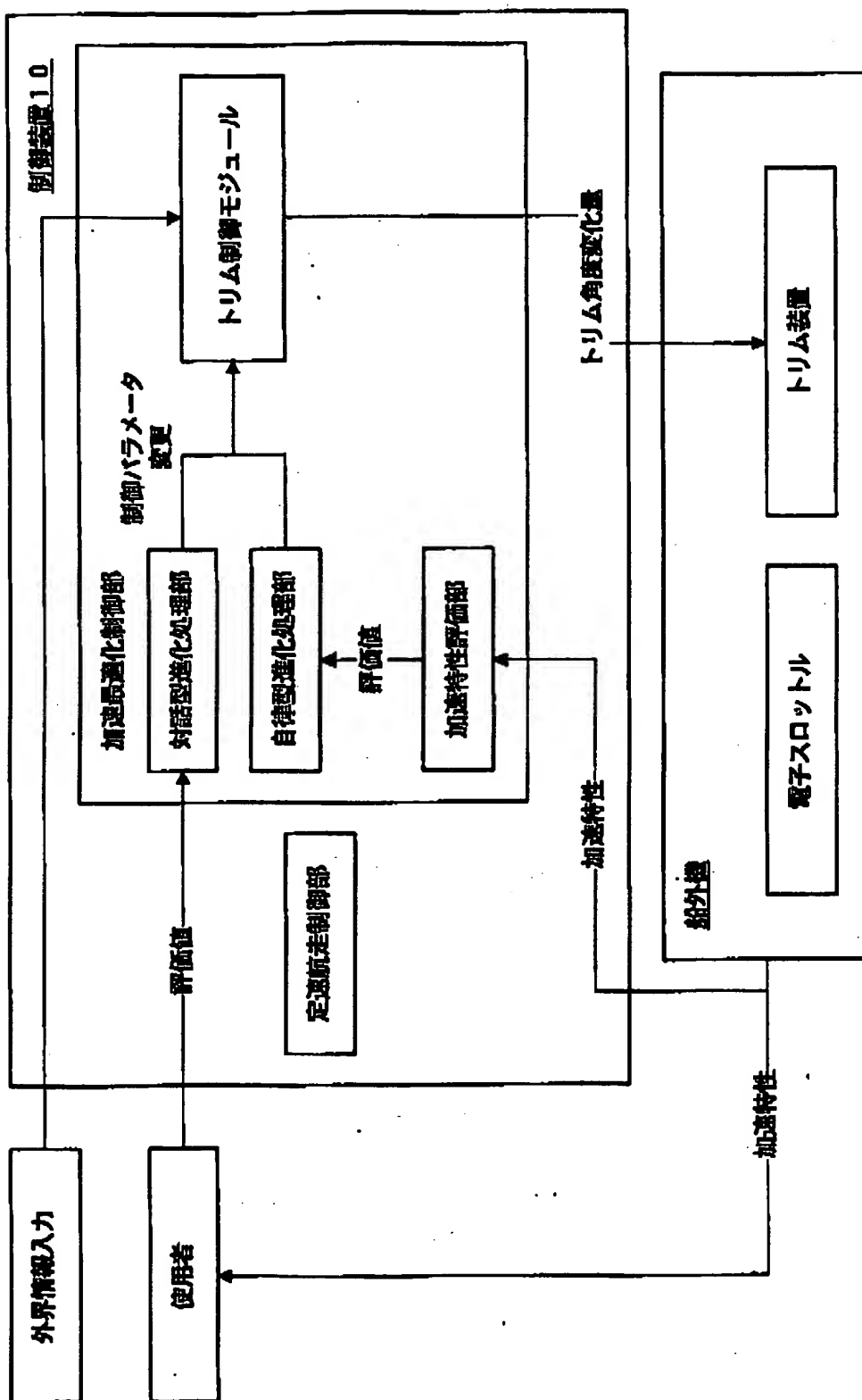
【図 2】



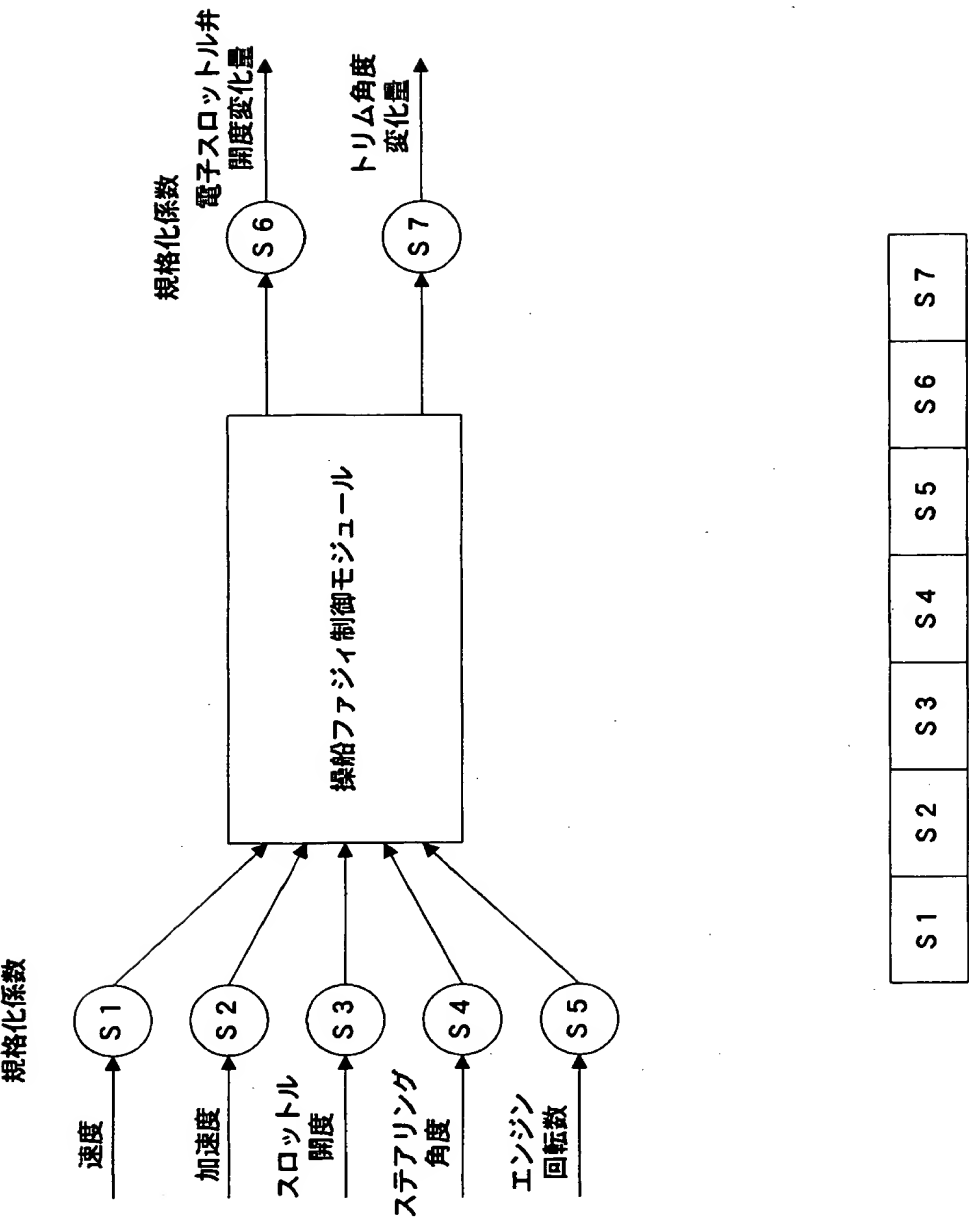
【図 3】



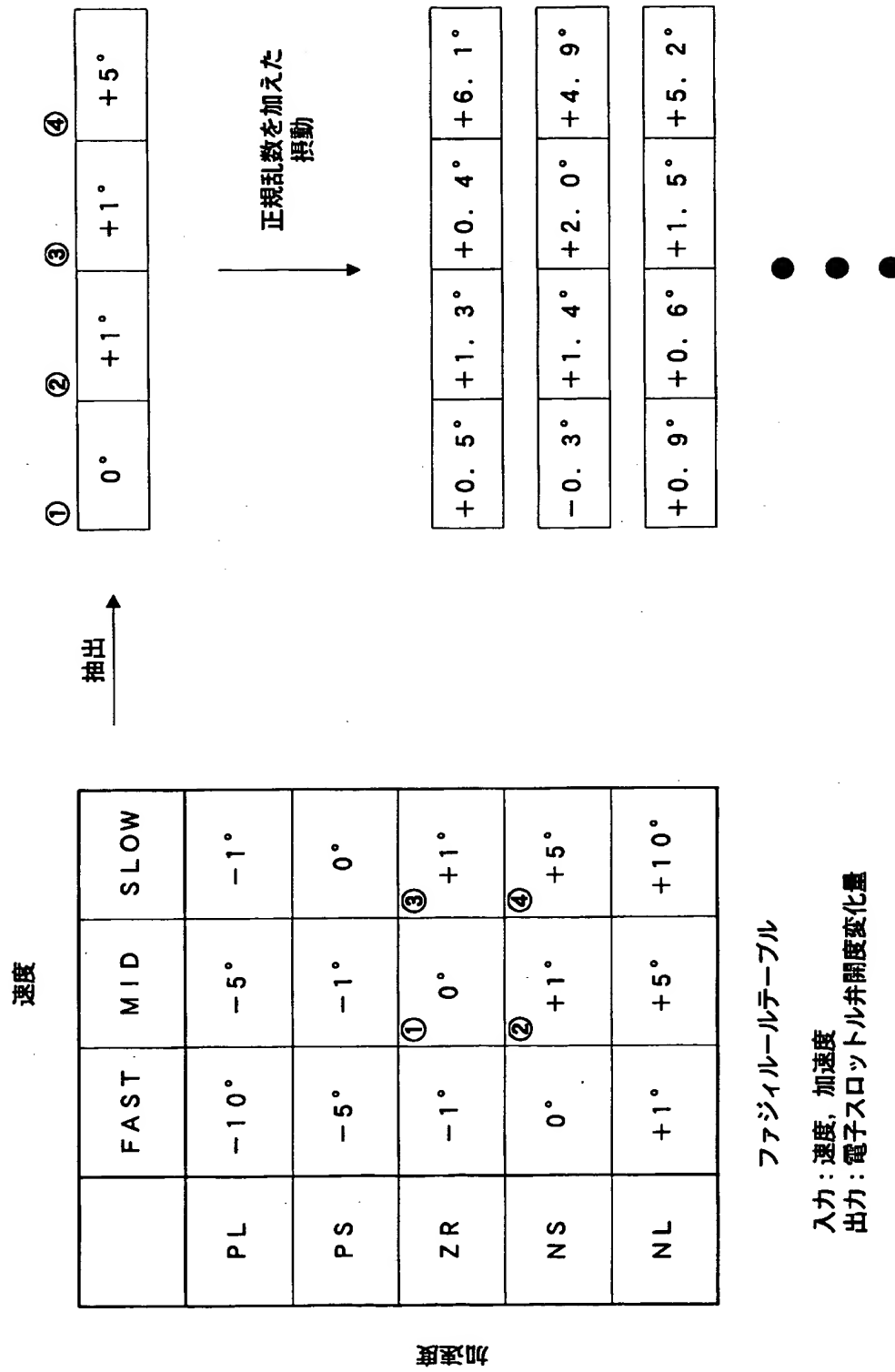
【図 4】



【図 5】

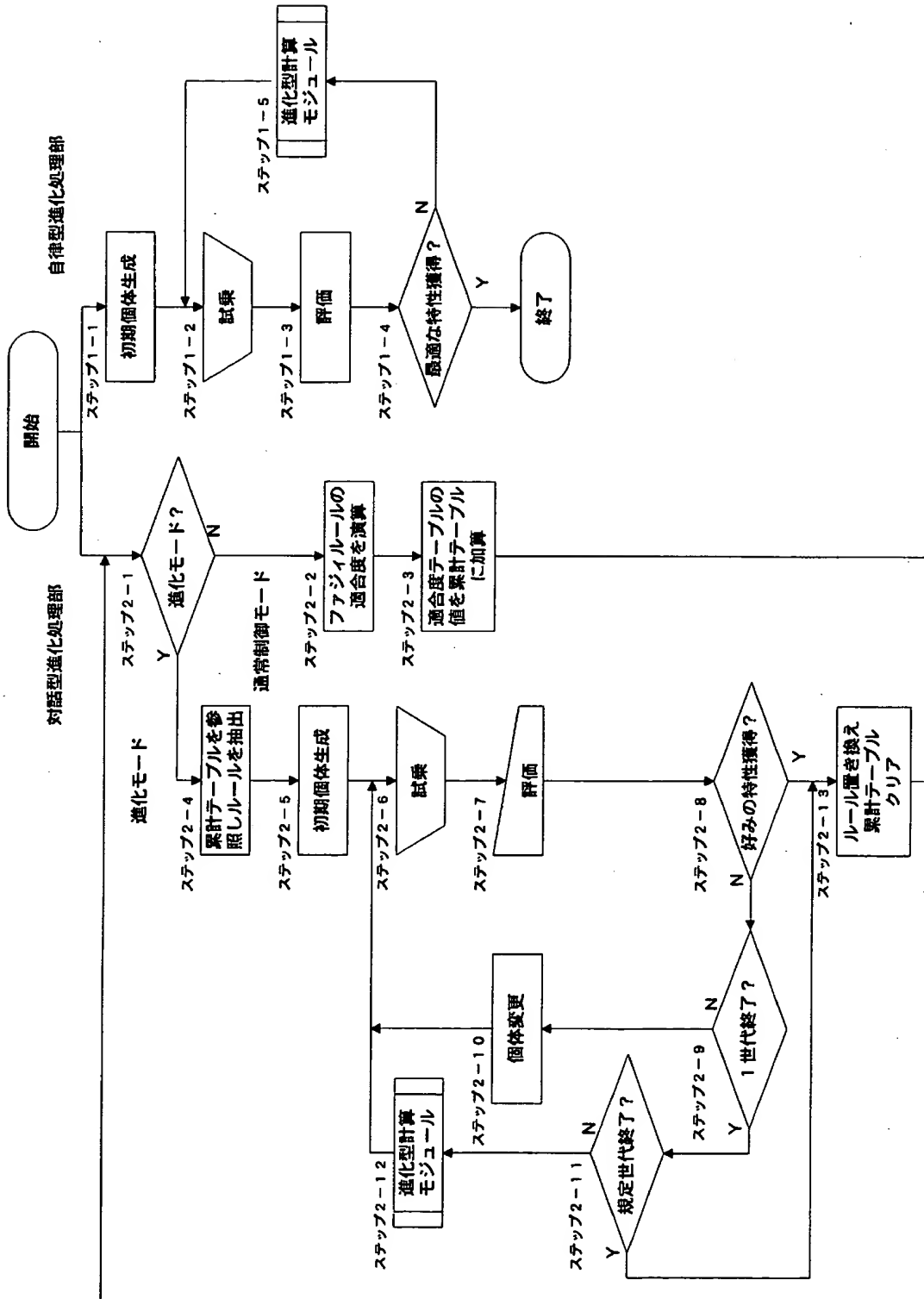


【図 6】

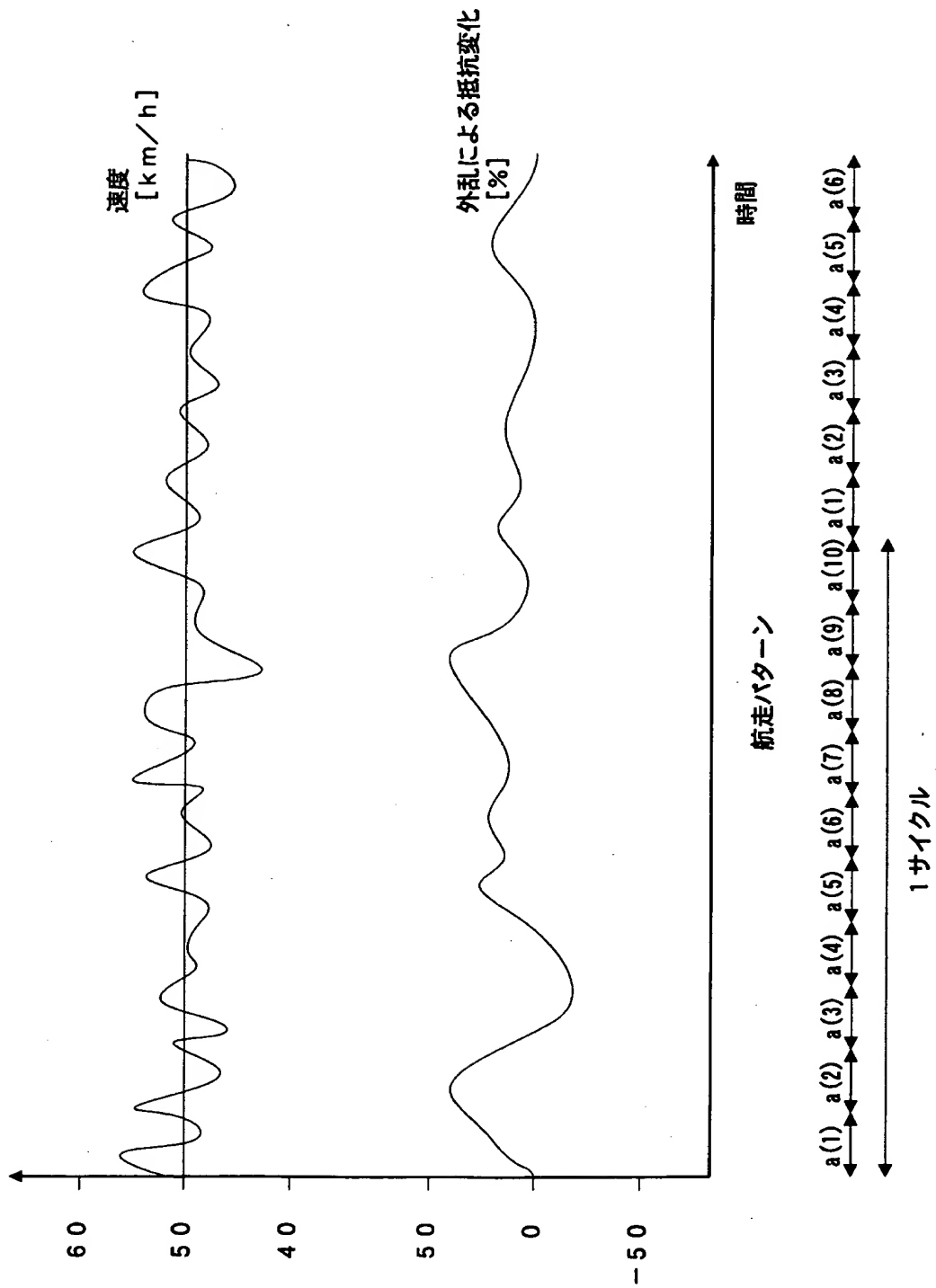


加速度

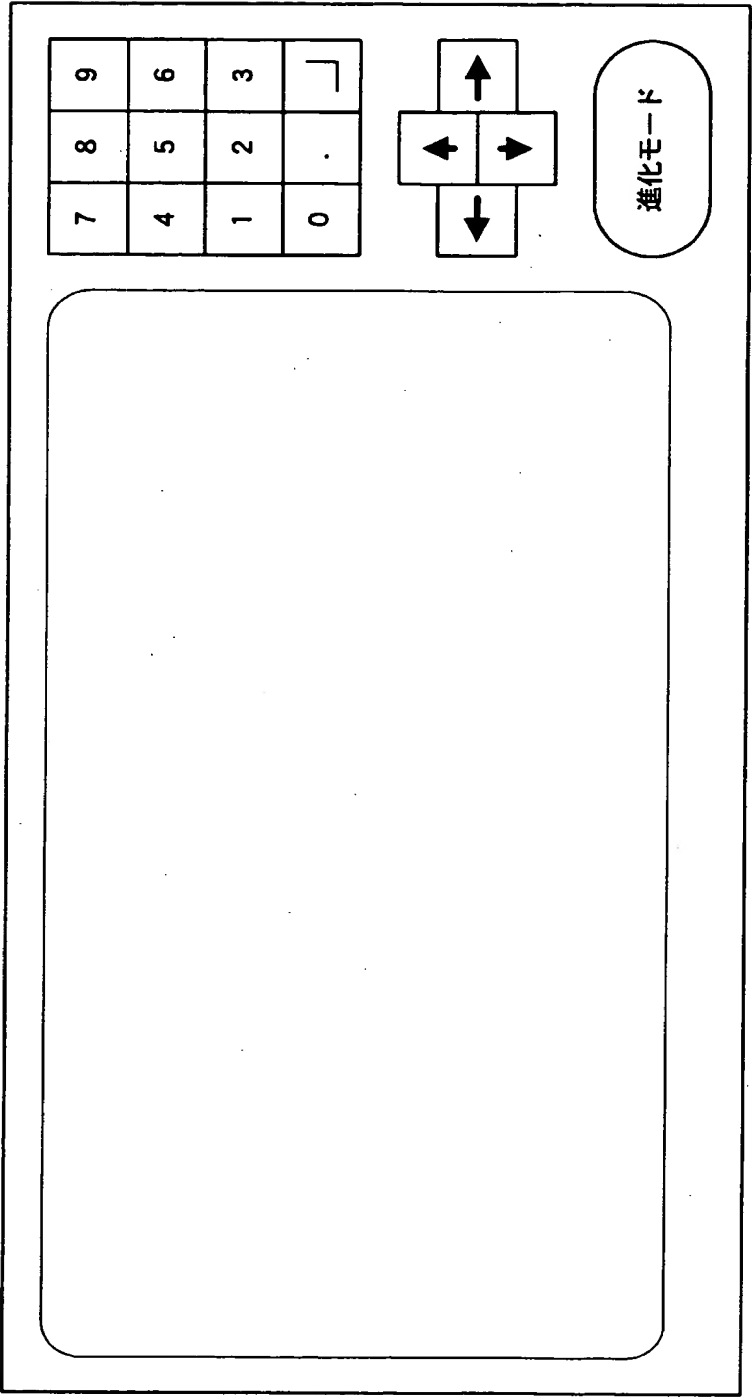
【図 7】



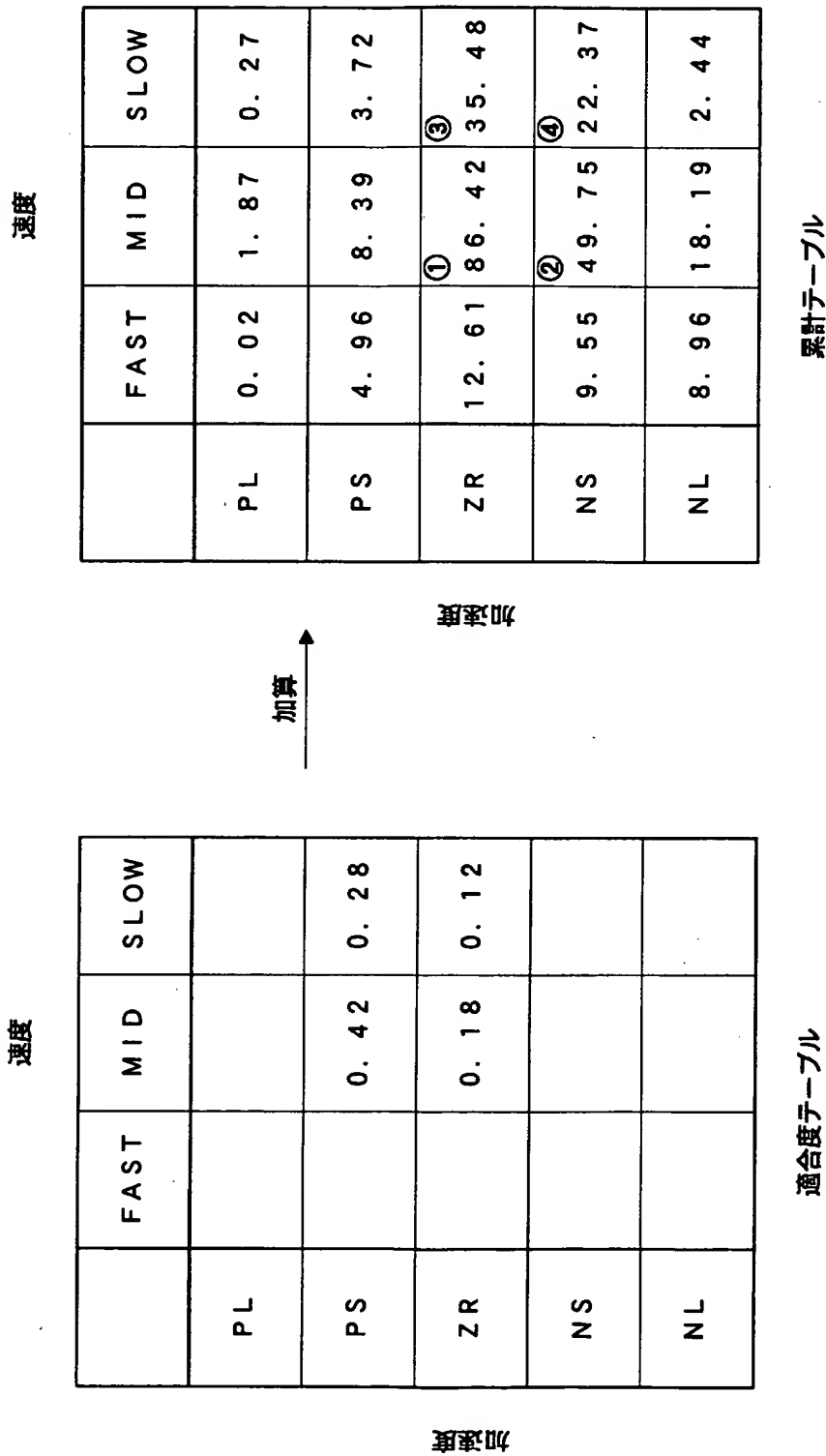
【図 8】



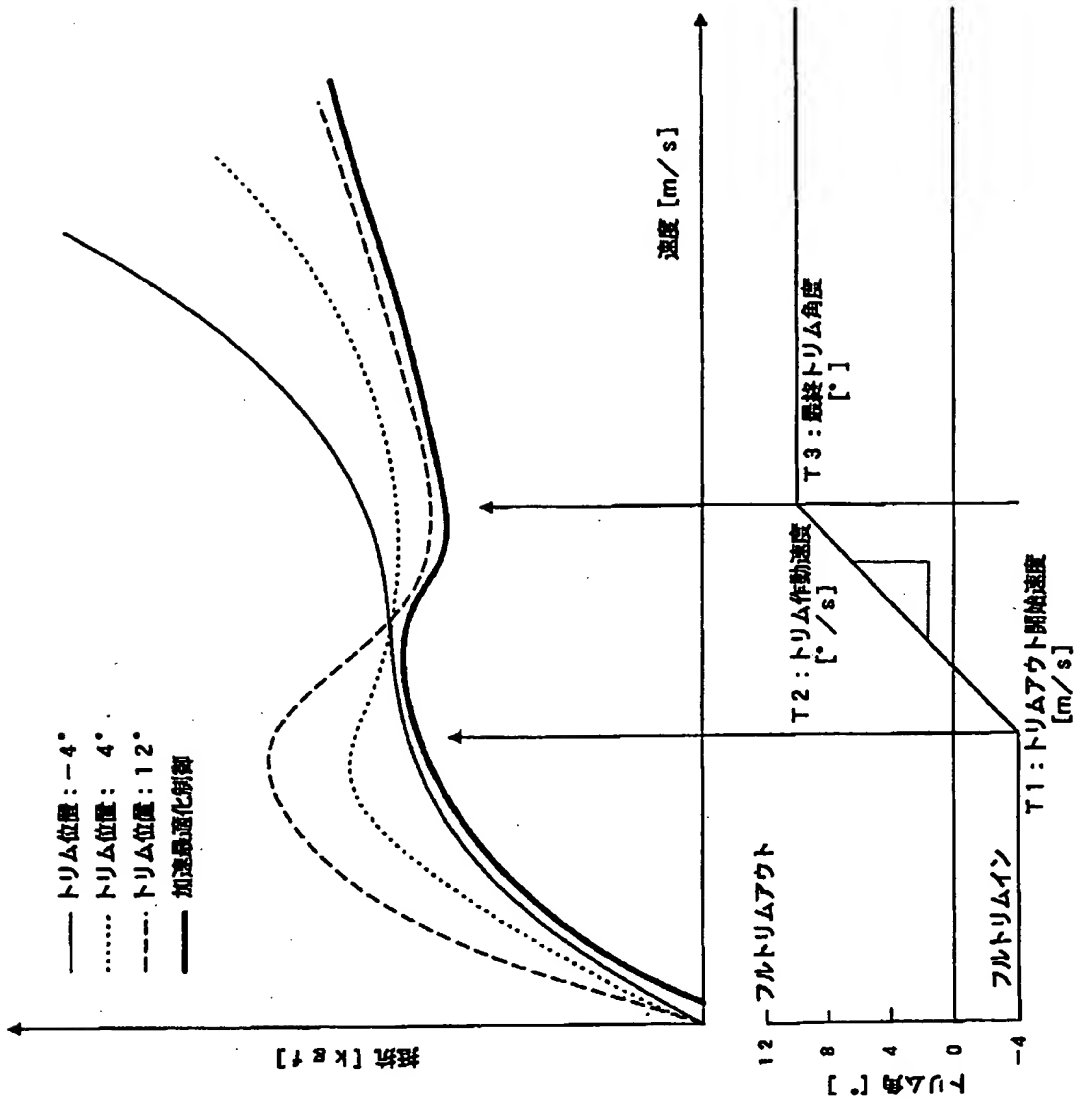
【図 9】



【図 1 0】



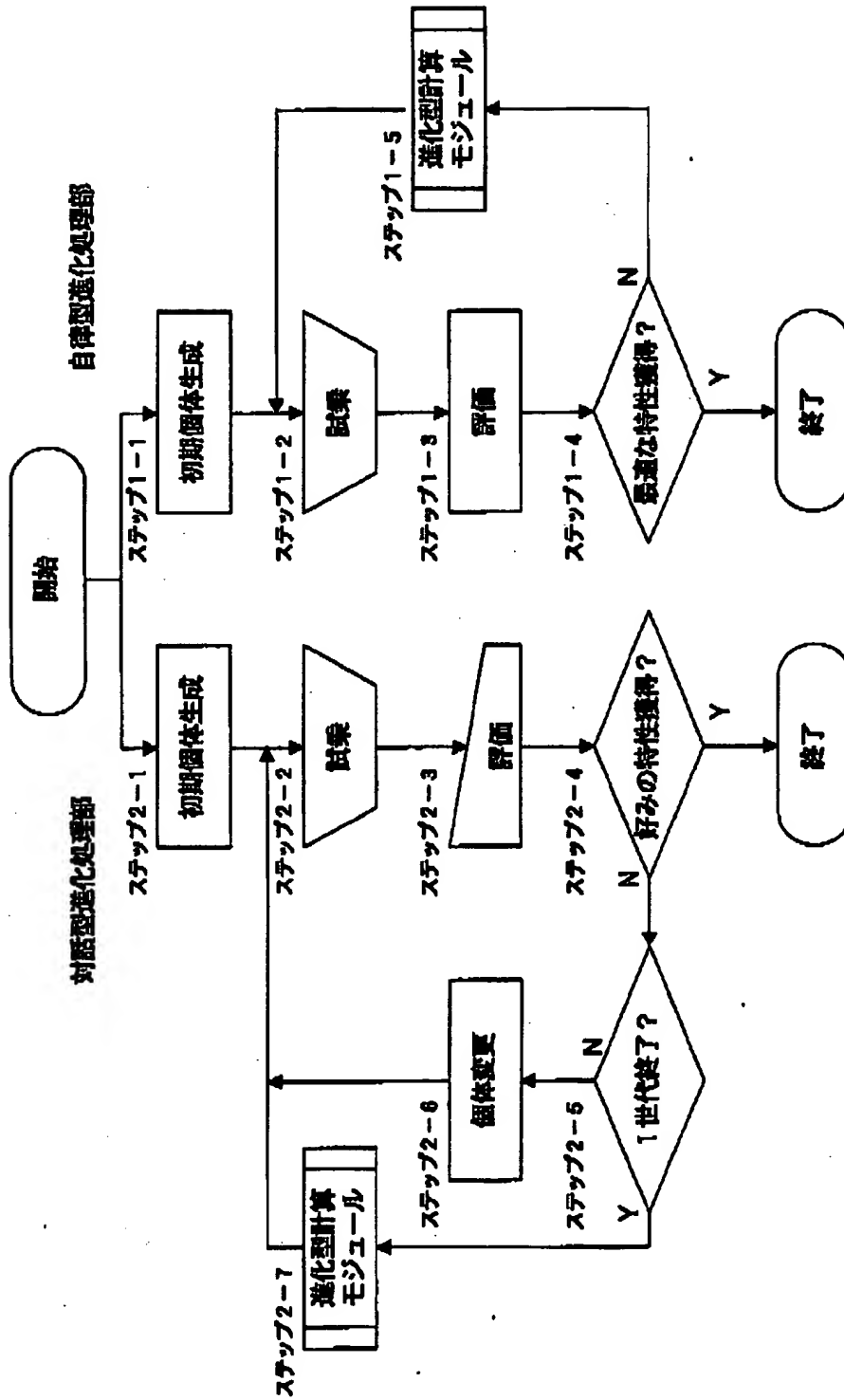
【図 1 1】



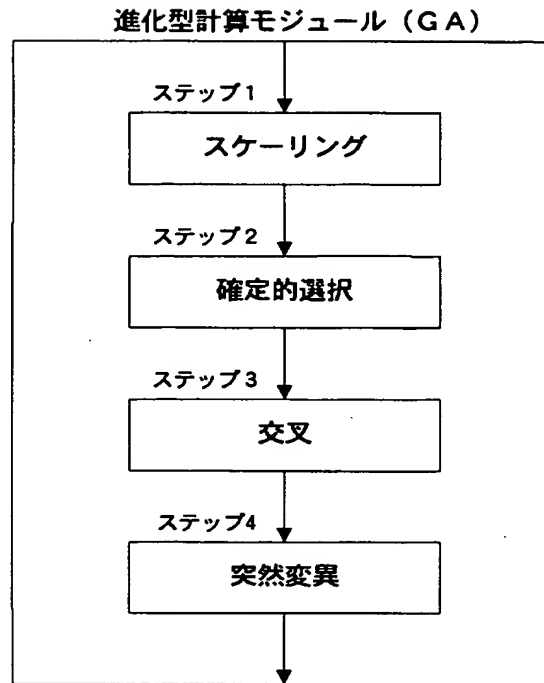
【図 1 2】

T 1	T 2	T 3
-----	-----	-----

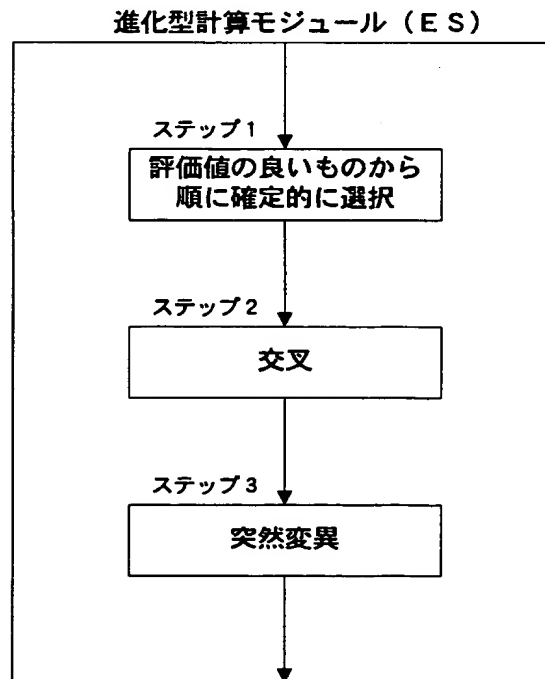
【図 1 3】



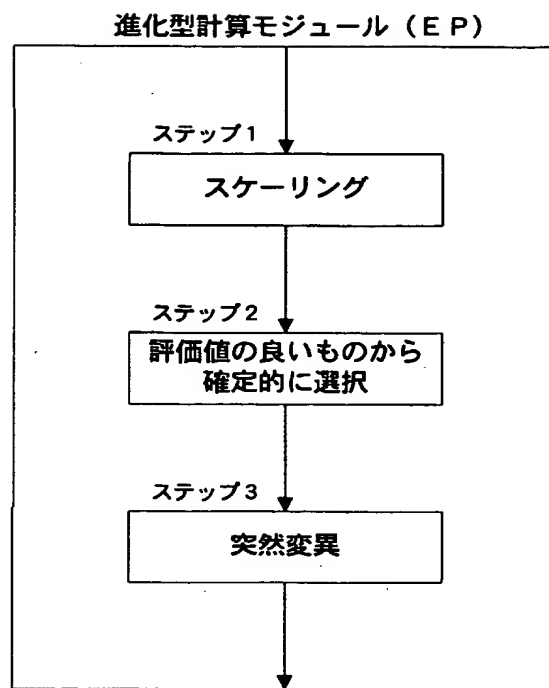
【図 1 4】



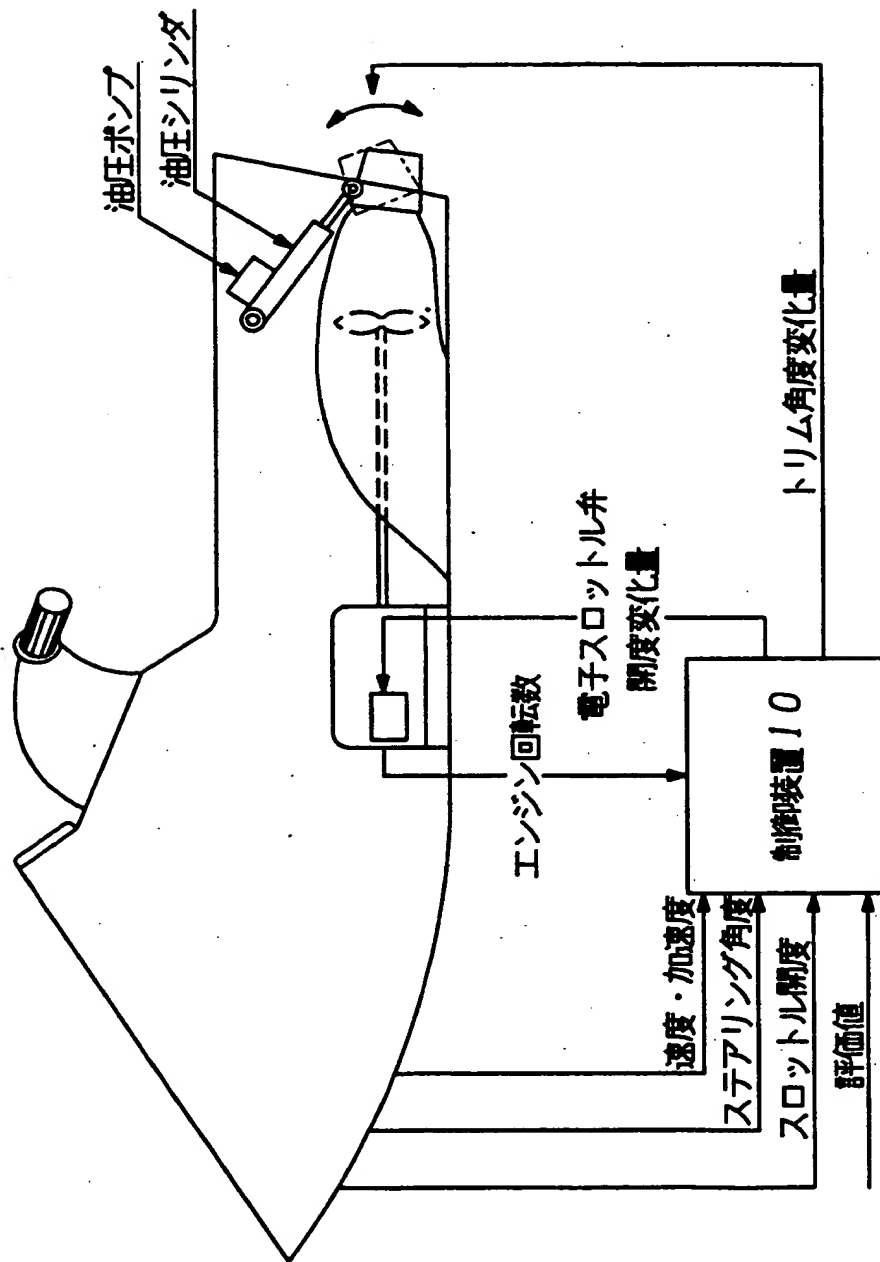
【図 1 5】



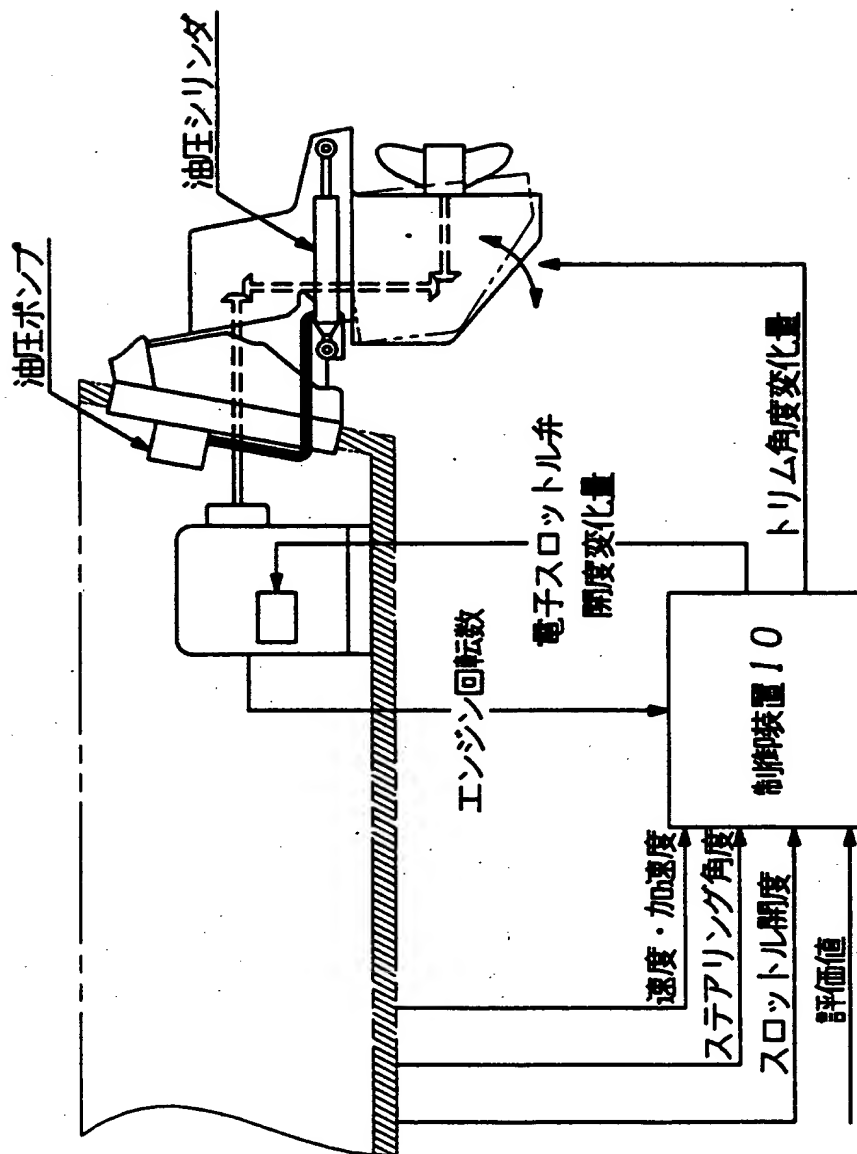
【図 1 6】



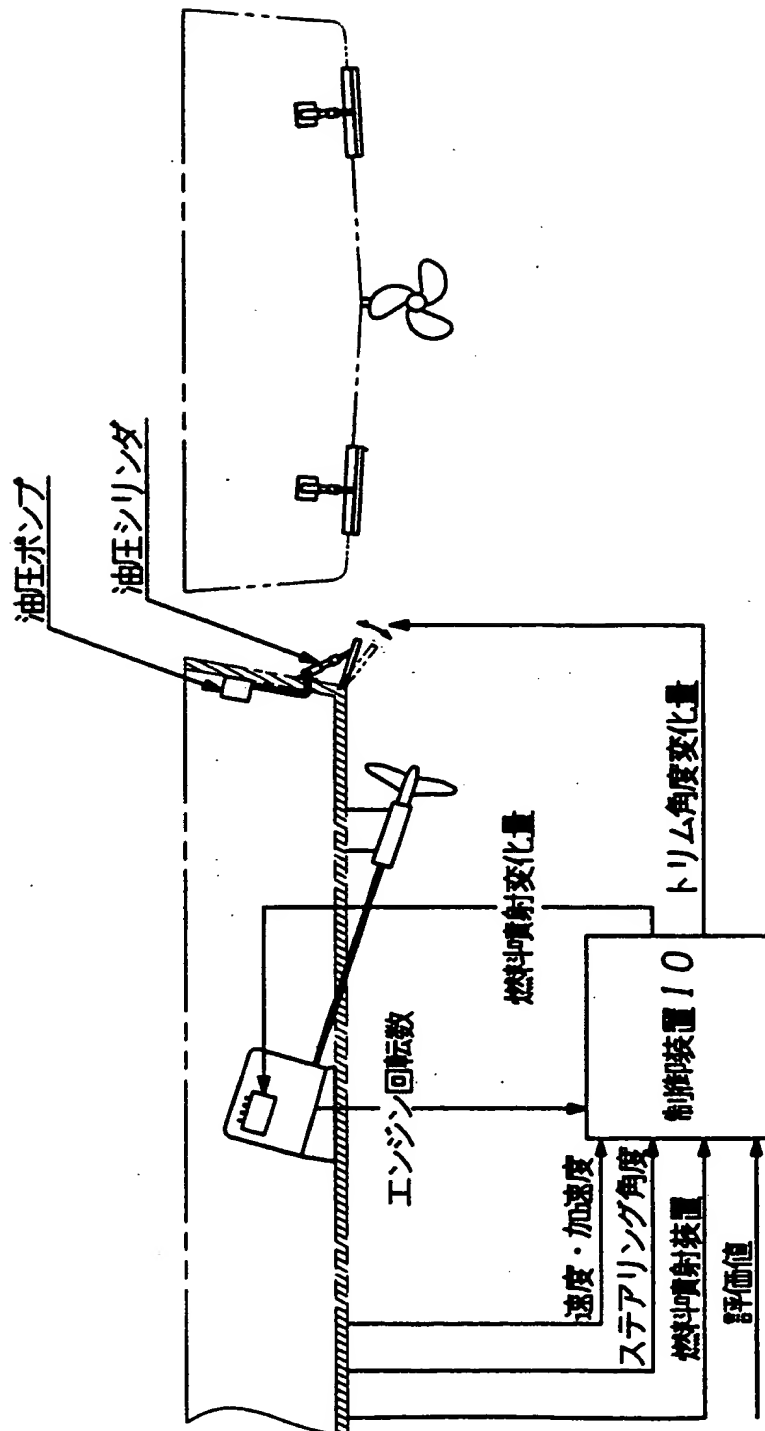
【図 1 7】



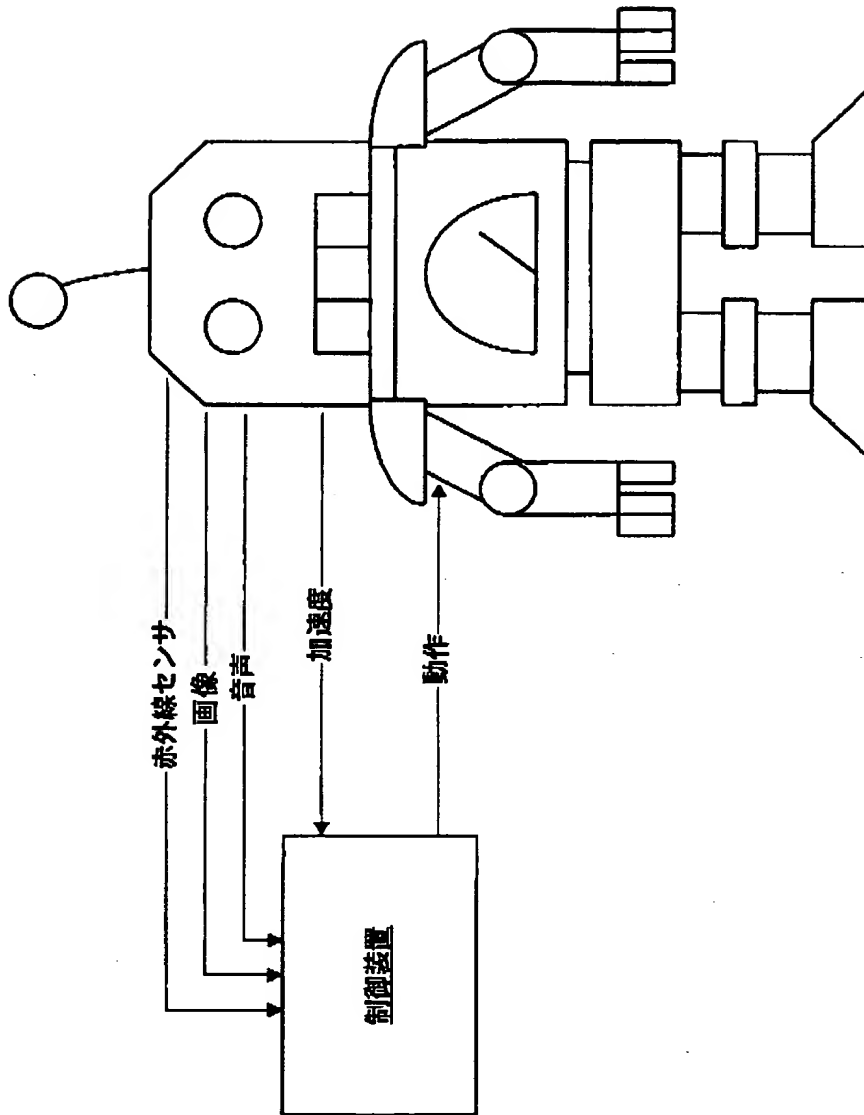
【図 1 8】



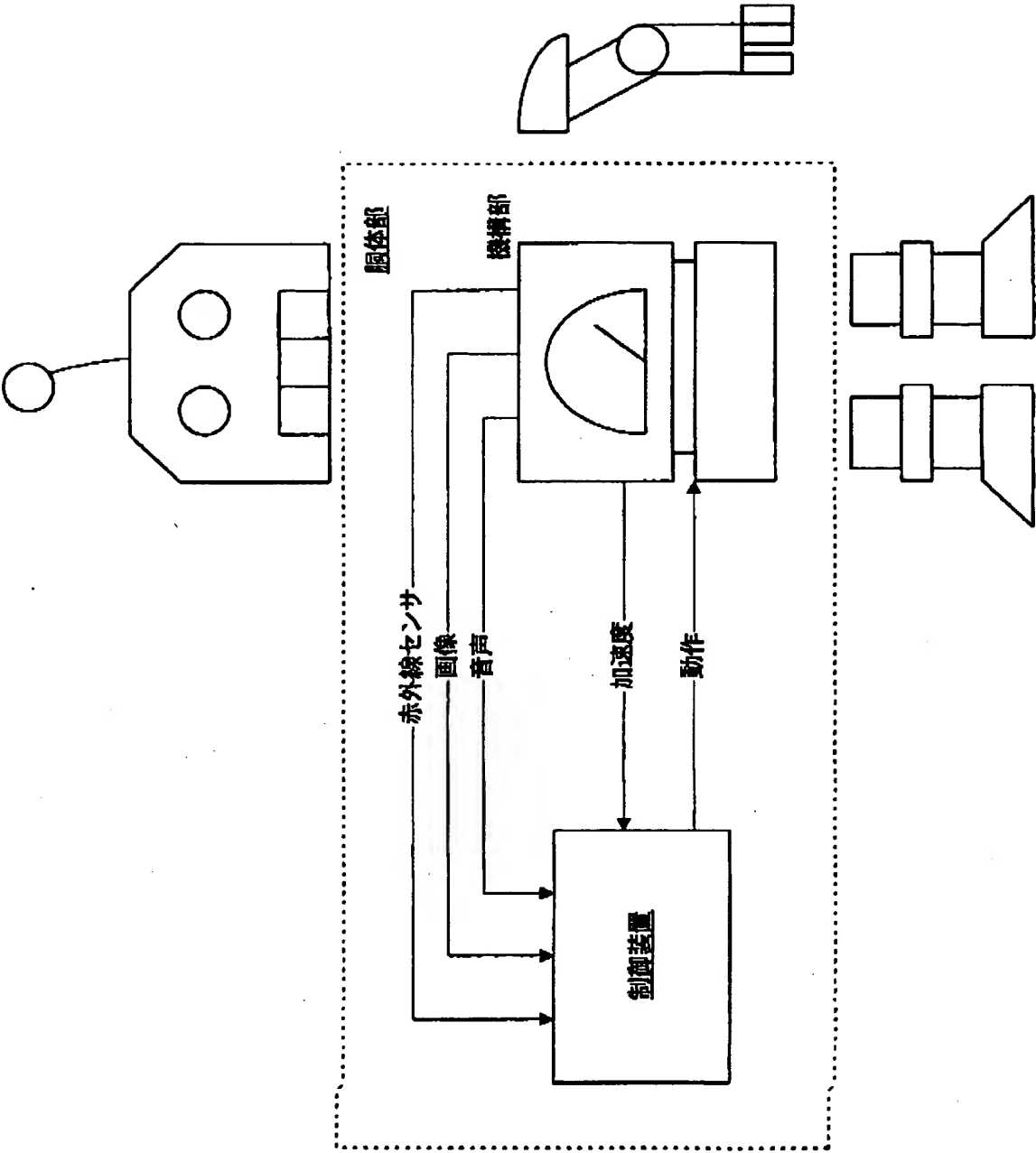
【図 1 9】



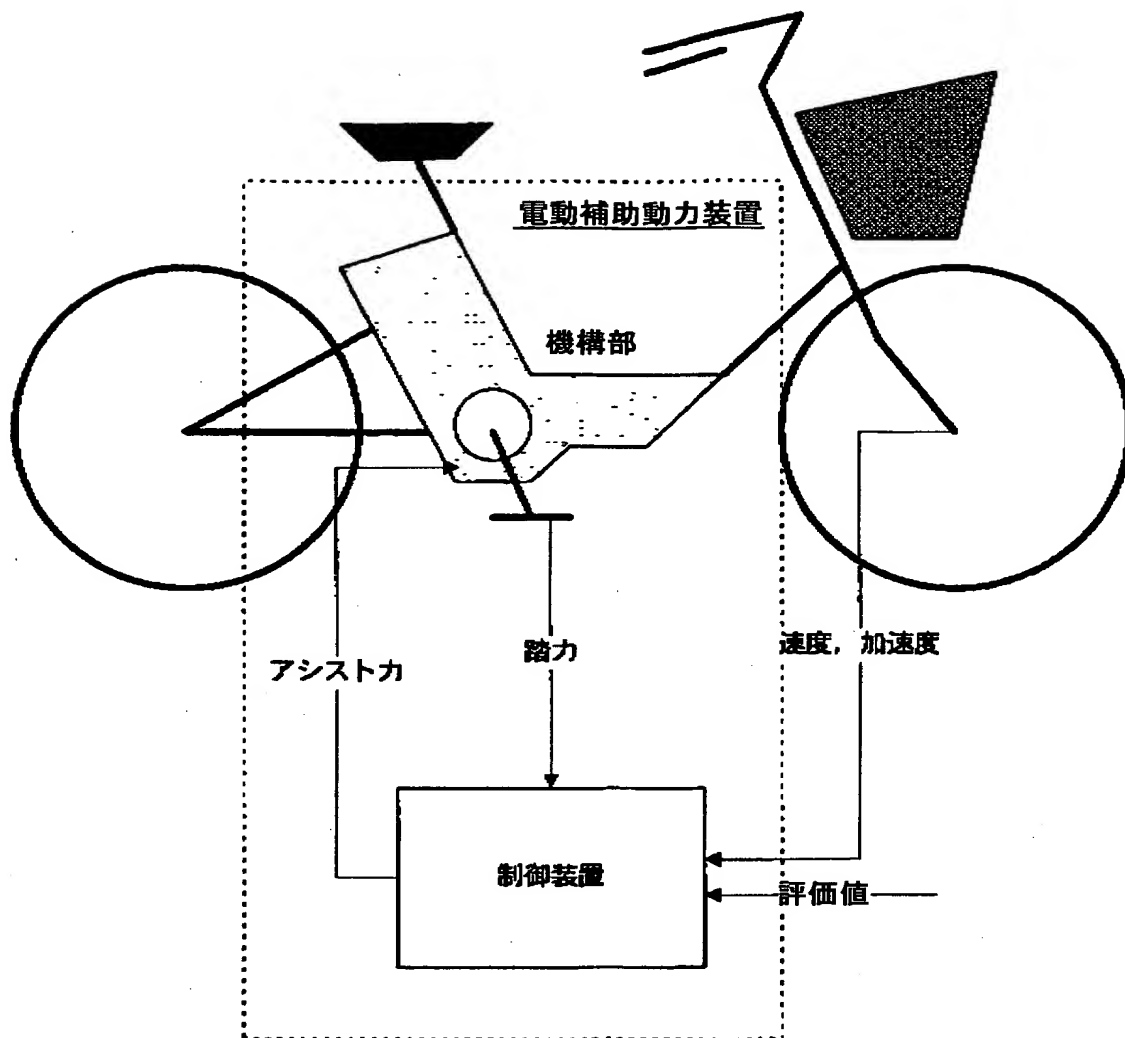
【図 2 0】



【図 2 1】



【図 2 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の問題点を解決し、使用者の選択性及び単位装置の汎用性を失うことなく、組合せ完成品としての最適な特性を得ることができる組合せ完成品用単位装置の最適化装置を提供すること。

【解決手段】 本発明に係る組合せ完成品用単位装置の最適化装置は、他の装置を組み合わせて組合せ完成品として用いられる単位装置の動作特性を制御する制御装置において、前記制御装置に、実時間で、組合せ完成品としての機能の特性を評価基準として、前記単位装置の動作特性を最適化する最適化処理部を設けたことを特徴としている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 1 0 0 7 6]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地
氏 名	ヤマハ発動機株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 1 7 6 2 1 3]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	静岡県浜松市新橋町 1 4 0 0 番地
氏 名	三信工業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.